

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Efecto de las temperaturas de tostado sobre el contenido de polifenoles durante
la producción de licor de cacao

INGE-2254

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:
Ingenieros en Alimentos

Presentado por:

Franklin Eduardo Bazaña Aga

Mawar Eliseo Riera Solis

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo de tesis a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), cuyos valores y excelencia académica han sido el cimiento de nuestra formación académica y moral.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la MSc. Diana Coello, por su inigualable orientación, apoyo y sabiduría, que han sido fundamentales en la culminación de este proyecto. Su compromiso y conocimiento han dejado una huella significativa en nuestro desarrollo académico y profesional.

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera invaluable al éxito de este proyecto. Agradezco sinceramente a la MSc. Diana Coello por su orientación y apoyo desde el inicio de la elaboración de la tesis. Reconozco el respaldo de mis futuros colegas Jelena Saltos, José Rosado, Clara Reyes, Angie Vasquez, Ronald Intriago, y a mi hermana Brithney Riera, quienes brindaron su tiempo y conocimientos de manera fundamental. Por último, pero no menos importante, estoy eternamente agradecido al MSc. Galo Chuchuca, mi gran profesor, quien me enseñó que incluso en momentos de confusión, siempre podemos recobrar el rumbo de nuestro camino.

Mawar Riera S.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi esposa Nadia Figueroa por su constante apoyo y fortaleza en todo momento. A mi amada Margarita que desde que nació se ha convertido en mi motor de vida. A mi madre por su confianza y fe en que podría lograr mis metas si procuraba ser constante. A mi padre por su ayuda en momentos difíciles. Reconozco la valiosa guía y dirección de nuestra tutora, MSc. Diana Coello. Agradezco la colaboración de compañeros José Rosado, Jelena Saltos por permitirnos usar las instalaciones de su negocio familiar para poder lograr nuestro producto. Y finalmente agradezco a cada una de las personas que a través de sus consejos y guía me permitieron crecer en el ámbito profesional y estudiantil.

Franklin Bajaña A.

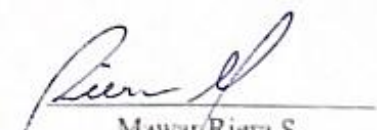
Declaración Expresa

Nosotros Franklin Bajaan y Mawar Riera acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor de los autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 2 de febrero del 2024.


Franklin Bajaan A.
Mawar Riera S.

Evaluadores



Firmado electrónicamente por:
**TANIA MARIA
GUZMAN
ARMENTEROS**

Tania Guzmán Armenteros, PhD.

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:
**DIANA SOFIA COELLO
MONTOKA**

Diana Coello Montoya, MSc.

Tutor de proyecto

Resumen

Esta investigación se centró en la influencia de las etapas de procesamiento en la conservación de polifenoles, esenciales para la calidad del chocolate. Se realizaron seis programas de tostado, evaluando tiempo y temperatura, utilizando cacao nacional de Vines, Ecuador. El contenido de polifenoles se analizó mediante ensayo Folin-Ciocalteu, revelando pérdida durante el tostado y refinamiento del licor. Los tratamientos D (135°C durante 35 minutos) y E (125°C durante 35 minutos) conservaron eficientemente polifenoles en el licor de cacao (6,70%v/v y 7,06%v/v, respectivamente). Se encontraron diferencias significativas entre dos métodos de extracción E1 y E2 en el contenido de polifenoles en granos de cacao, resaltando la influencia de la grasa en el proceso. Aunque no hubo diferencias significativas en el contenido total de polifenoles entre programas de tostado en E2 y licor de cacao, el programa E a 125°C durante 35 minutos se identificó como óptimo, conservando 70,64 mg GAE/g muestra y manteniendo una calidad general destacada con una valoración de 7,32/10 en Calidad Global. Recomendaciones incluyen ampliar el panel de degustación, optar por programas de tostado específicos, trabajar con variedades conocidas, y explorar el impacto sensorial del grado de tostado alto para ajustar las condiciones según objetivos de sabor.

Palabras Clave: tratamiento, atributos, calidad, evaluación.

Abstract

This research focused on the influence of processing stages on the preservation of polyphenols, crucial for chocolate quality. Six roasting programs were conducted, assessing time and temperature, using national cocoa from Vinces, Ecuador. Polyphenol content was analyzed using the Folin-Ciocalteu assay, revealing loss during roasting and refining of the liquor. Treatments D (135°C for 35 minutes) and E (125°C for 35 minutes) efficiently preserving polyphenols in cocoa liquor (6.70% v/v and 7.06% v/v, respectively). Significant differences were found between two extraction methods, E1 and E2, in cocoa bean polyphenol content, highlighting the influence of fat in the process. Although no significant differences in the total polyphenol content between roasting programs in E2 and cocoa liquor, program E at 125°C for 35 minutes was identified as optimal, preserving 70.64 mg GAE/g sample and maintaining outstanding overall quality with a rating of 7.32/10 in Global Quality. Recommendations include expanding the tasting panel, opting for specific roasting programs, working with known varieties, and exploring the sensory impact of higher roasting levels to adjust conditions according to desired flavor objectives.

Key words: *processing, attributes, quality, evaluation.*

Índice general

Resumen.....	I
Abstract	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Simbología	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas	VIII
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.	2
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación del problema.....	4
1.3 Objetivos.	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 El cacao	5
1.4.2 Compuestos fenólicos	6
1.4.3 Capacidad antioxidante	7
1.4.4 Tostado del cacao.....	7
1.4.5 Evaluación sensorial	8
Capítulo 2.....	11
2. Metodología.....	13
2.1 Materia prima.	13
2.2 Diseño experimental y procesamiento del cacao.	13

2.3	Preparación de muestras y extracción de polifenoles.....	14
2.4	Contenido de polifenoles.....	15
2.5	Análisis descriptivo cuantitativo del licor de cacao.....	16
2.6	Análisis Estadístico.	17
2.7	Diseño de planta.	18
2.7.1	Factores de análisis	18
2.7.2	Cercanía a materia Prima	18
2.7.3	Análisis del tamaño de la planta	20
2.7.4	Análisis de recorrido de productos	20
2.7.5	Relación de actividades.....	21
2.7.6	CORELAP	22
2.7.7	VISION	23
Capítulo 3.....		24
3.	Resultados y análisis.....	25
3.1	Análisis de contenido total de polifenoles.....	25
3.2	Análisis descriptivo cuantitativo.	29
3.3	Diseño de plantas	36
3.3.1	Costos de implementación de la micro planta procesadora de licor de cacao ...	40
Capítulo 4.....		46
4.	Conclusiones y recomendaciones.	47
4.1	Conclusiones	47
4.2	Recomendaciones.....	48
Referencias.....		50

Abreviaturas

ANOVA	Análisis de Varianza
AOAC	Association of Analytical Communities
CCN-51	Colección Castro Naranjal 51
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
PIB	Producto Interno Bruto
TPC	Contenido de polifenoles totales
USD	United State Dollar
QDA	Quantitative Descriptive Analysis
ISCQF	International Standards for the Assessment of Cacao Quality and Flavor
rpm	Revoluciones por minuto
PCA	Principal Component Analysis
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad
EMAPAD	Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Durán
UV-VIS	Ultravioleta-visible
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno

Simbología

\$	Símbolo monetario del dólar
%	Porcentaje
w/w	masa sobre masa
°C	Grados Celsius
g	Gramo
GAE	Equivalentes de ácido gálico
kg	Kilogramo
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
µm	Micrómetro
mg	Miligramos
min	Minutos
ml	Mililitros
pH	Potencial de Hidrógeno
v/v	Volumen sobre volumen
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sodio
MeOH	Metanol
CH ₃ -COOH	Ácido acético
p	Probabilidad
≤	Menor o igual a
X1	Variable tiempo
X2	Variable temperatura
A	Tratamiento de 135 °C x 25 minutos
B	Tratamiento de 125 °C x 25 minutos
C	Tratamiento de 115 °C x 25 minutos
D	Tratamiento de 135 °C x 35 minutos
E	Tratamiento de 125 °C x 35 minutos
F	Tratamiento de 115 °C x 35 minutos

Índice de figuras

Figura 1 Cuadro de recorrido del producto	21
Figura 2 Cuadro de relación de actividades	22
Figura 3 Contenido de polifenoles totales	27
Figura 4 Gráficos de desviación estándar	30
Figura 5 Gráficas de superficie de respuesta	33
Figura 6 Grafica de Atributos secundarios	35
Figura 7 Layout de la planta	38

Índice de tablas

Tabla 1 Niveles codificados y reales para el diseño factorial	13
Tabla 2 Resultados del contenido de polifenoles en nibs y licor de cacao	26
Tabla 3 Resultados promedios de los atributos del licor de cacao	31
Tabla 4 Listado de equipos y materiales requeridos	40
Tabla 5 Costo mensual de materia prima y materiales	41
Tabla 6 Costo mensual de contratación	41
Tabla 7 Sumatoria de costos variables mensual	41
Tabla 8 Desglose de gastos fijos mensual.....	42
Tabla 9 Desglose de la depreciación de equipos	42
Tabla 10 Otros gastos previstos	43
Tabla 11 Sumatoria de todos los gastos fijos mensuales	43
Tabla 12 Resumen de gastos de producción	43
Tabla 13 Análisis financiero considerando el VAN y TIR.....	44

Capítulo 1

1. Introducción.

En Ecuador, el sector de producción de cacao, chocolate y productos de confitería sumó alrededor de USD 100.53 millones en el año 2022, equivalente a una participación sobre el PIB del 0.14%. A su vez, dicho valor fue un 4% superior en comparación a la cifra reflejada en el 2021 (Financiera Nacional, 2023). El cacao es una pieza clave en la fabricación del chocolate, desempeña un papel fundamental al definir su sabor y sus características organolépticas distintivas (Fowler & Coutel, 2017). Este sabor, esencial para la calidad de los productos derivados del cacao, se origina en las etapas iniciales de su procesamiento, durante la fermentación y el secado de los granos, y se desarrolla aún más en fases posteriores, como el tostado a altas temperaturas (Quelal et al., 2023). Sin embargo, este proceso industrial también impacta la composición química del cacao, afectando especialmente su contenido de polifenoles, compuestos reconocidos por sus propiedades antioxidantes (La Mantia et al., 2023; Mounjouenpou et al., 2018; Oracz & Nebesny, 2019).

Los antioxidantes naturales presentes en el cacao, en particular los compuestos fenólicos, no solo contribuyen al sabor distintivo del chocolate, sino que también ofrecen beneficios para la salud al combatir el estrés oxidativo en el cuerpo (Lobo et al., 2010). Diversas investigaciones respaldan la relación entre los compuestos fenólicos del cacao y efectos positivos en la función cognitiva, propiedades antiinflamatorias, y su capacidad para prevenir enfermedades crónicas, como las cardiovasculares (Castro-Zavala et al., 2023; Di Mattia et al., 2017; Ioannone et al., 2015; Li et al., 2023; Martini et al., 2018). Estos antioxidantes, que constituyen entre el 12% y el 18% del peso seco del grano entero de cacao, son responsables de muchos de los beneficios para la salud asociados con el consumo de chocolate (Hii et al., 2009; Urbáńska et al., 2019). Entre ellos se destacan las catequinas,

antocianinas y proantocianinas, siendo la (-)-epicatequina uno de los flavonoles más abundantes (La Mantia et al., 2023).

A pesar de este potencial beneficioso, durante el procesamiento del cacao, se observa una degradación de polifenoles, lo que conlleva a una disminución en la presencia de estos compuestos en productos derivados como el licor de cacao o el chocolate (Urbańska et al., 2019). Este fenómeno plantea la necesidad de comprender el impacto de las diferentes temperaturas y tiempos del tostado del cacao en el contenido de compuestos fenólicos. Este conocimiento no solo puede brindar luz sobre la relación entre el procesamiento industrial y la conservación de antioxidantes esenciales, sino que también puede orientar hacia ajustes en las prácticas de procesamiento para maximizar la retención de estos compuestos fenólicos (Chacón Ortiz et al., 2021). En este contexto, esta investigación busca explorar el efecto de las etapas de procesamiento del cacao en la preservación de compuestos fenólicos.

1.1 Descripción del problema.

El proceso del tostado es una etapa esencial en la producción de licor de cacao, por ello ha sido objeto de interés debido a su impacto en la composición química de los granos de cacao. Uno de los componentes cruciales que se ve afectado durante este proceso son los polifenoles, un grupo de compuestos bioactivos conocidos por sus propiedades antioxidantes y posibles beneficios para la salud. La relación entre la temperatura y tiempo de tostado y la cantidad de polifenoles en el cacao plantea un gran problema de investigación porque un licor de cacao de mayor calidad tendrá un precio mayor, pero también presentará una disminución o aumento en los compuestos polifenoles de interés por sus propiedades antioxidantes.

Esta problemática es de gran relevancia tanto para la industria del chocolate como para la salud pública. La industria busca comprender cómo optimizar el proceso de tostado para lograr productos finales con perfiles de sabor distintivos y propiedades saludables.

Abordar este problema implica evaluar los cambios en las concentraciones de los polifenoles antes y durante el tostado, identificar los factores que influyen en estos cambios y evaluar cómo estas modificaciones impactan la calidad nutricional y sensorial de los productos de cacao. Esta investigación no solo contribuirá al conocimiento científico en el campo de la tecnología de alimentos, sino que también proporcionará información valiosa para la mejora de procesos industriales y el desarrollo de productos más saludables y sabrosos.

1.2 Justificación del problema.

De acuerdo con un estudio realizado por la empresa Gelt en 2020, el consumo de chocolate aumentó con relación al año 2019 en un 79% (Financial food, 2020). Esto se debe a que el consumo de cacao se asocia con beneficios para la salud por su alto contenido en polifenoles (González-Garrido et al., 2022). Los polifenoles además de contribuir con las propiedades antioxidantes que son beneficiosos para la salud, también posee una influencia en el perfil de sabor y aroma del licor de cacao (Castro-Zavala et al., 2023; La Mantia et al., 2023). Sin embargo, diferentes estudios concluyen que existe una correlación positiva a medida que aumenta la concentración de polifenoles en el licor de cacao, aumentaban la astringencia y el amargor; mientras disminuían la percepción de los atributos secundarios del licor, además la viscosidad del cacao tiende a verse afectada (Febrianto & Zhu, 2022; McClure et al., 2022; Misnawi et al., 2004). Por lo que, un producto con un elevado contenido de polifenoles puede resultar contraproducente en la aceptabilidad sensorial de productos derivados del cacao.

La aceptabilidad sensorial de los productos derivados del cacao posee una dependencia del sabor, del aroma y la textura. La percepción del consumidor puede verse afectada por la composición química como las propiedades organolépticas del cacao que se

modifican cuando este pasa por el proceso del tostado. Es importante investigar la relación entre tiempo y temperatura del tostado para obtener la mayor cantidad de polifenoles, obteniendo la mayor aceptación sensorial.

1.3 Objetivos.

1.3.1 *Objetivo general.*

Evaluar el efecto del tostado durante la elaboración de licor de cacao a través de la medición del contenido de compuestos polifenólicos y sus características sensoriales.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Evaluar los cambios producidos en el contenido de compuestos polifenólicos en muestras de cacao seco, nibs tostados y en licor de cacao.
2. Determinar los niveles de proceso del tiempo vs temperatura del tostado de cacao a partir de la mejor valoración obtenida en el análisis descriptivo cuantitativo del licor de cacao.
3. Realizar el diseño de planta de una microempresa para la producción de licor de cacao.

1.4 Marco teórico

1.4.1 *El cacao*

El cacao es una planta endémica de América del Sur, sus orígenes provienen de la selva y crece en climas ecuatoriales. En Ecuador se encuentran principalmente dos variedades de cacao conocidos como: Nacional (Fino de aroma) que se caracteriza por tener una corta fermentación y producir un chocolate suave de excelente sabor y aroma; y el cacao CCN-51 el cual es más productivo y es un cacao clonado de origen ecuatoriano (Cristian y Casanova, 2023). El cacao en el Ecuador es muy significativo debido a su importancia económica, antes del boom petrolero estaba situado como la principal fuente económica y social de los

ecuatorianos, actualmente Ecuador ocupa el cuarto lugar a nivel mundial y es el principal exportador de cacao fino de aroma a nivel de América (Muentes y Gallo, 2022)

El nombre científico *Theobroma cacao* L. proviene de la palabra "Theobroma", que en griego significa "alimento de los dioses". Carlos Linneo empleó este término para denominar al árbol del cacao después de que el gastrónomo holandés Lume de Mireles exclamara que el chocolate era "el alimento de los dioses" al probarlo (Revista Mundo Fesc, 2013).

Durante la época de los Aztecas, existían cuatro tipos de semillas de cacao de distintas calidades, siendo el de mejor calidad utilizado para hacer la bebida "chocolatl", que solo era consumida por las clases sociales más altas. Se cree que al menos una variedad de *Theobroma cacao* tiene su origen en la Amazonía ecuatoriana, y estudios arqueológicos en la cultura Mayo Chinchipe respaldan la evidencia de uso temprano y domesticación del cacao en el yacimiento Santa Ana-La Florida. América Latina es conocida por ser la cuna del cacao (Abad et al., 2020).

En el 2021 Ecuador exportó 331028,57 toneladas de cacao, en cuanto a la calidad del cacao según la NTE-INEN 176, el 81% del cacao certificado corresponde al cacao Fino de Aroma y el 19% al cacao CCN-51, el cual, es destinado a más de 40 países diferentes entre los que destacan Estados Unidos, Suiza, Alemania y Bélgica (Muentes & Gallo, 2022).

1.4.2 Compuestos fenólicos

Los polifenoles o fenoles totales son sustancias químicas que se encuentran presentes en las frutas y vegetales, con efectos potenciales que promueven la salud. La Organización Mundial de la Salud recomienda la ingesta regular de alimentos ricos en compuestos fenólicos, para reducir la probabilidad de enfermedades no transmisibles (Rusconi y Conti, 2010).

En la almendra de cacao se encuentran tres grupos de compuestos polifenólicos, las antocianinas que representan un 4%, las catequinas que representan un 37% y la proantocianidina con un 58%, estas cantidades solo representan el 10% del peso seco total del grano (Rusconi & Conti, 2010). La fermentación del grano de cacao proporciona el sabor del chocolate, por ello, se considera una etapa precursora y crucial, además, los polifenoles se ven afectados por reacciones de oxidación y polimerización dando lugar a taninos complejos. Asimismo, el cacao fermentado tiende a disminuir la concentración de epicatequina (Wollgast & Anklam, 2000).

1.4.3 Capacidad antioxidante

Los antioxidantes son compuestos químicos que permiten neutralizar a los radicales libres que se presentan en el cuerpo. Estos radicales libres constituyen un riesgo en la salud debido a la oxidación de las biomoléculas que causa el envejecimiento prematuro y la presencia de enfermedades crónicas degenerativas (Vallejo-Zamudio et al., 2017). El grano de cacao es la principal fuente de obtención de antioxidantes que contribuyen a sus beneficios en la salud debido a que contienen de 10 mg a 50 mg por gramo de contenido de polifenoles según (Sabahannur et al., 2018), entre los antioxidantes que se encuentren en el cacao están los flavonoides, el ácido málico y ácido oxálico que a pesar de ser ácidos orgánicos actúan como antioxidantes, vitamina C y E, además de minerales como el zinc y el selenio (Sabahannur et al., 2018)

1.4.4 Tostado del cacao

El tostado del cacao es una operación tecnológica cuyo proceso es crucial en la producción de chocolate ya que impacta significativamente en sus propiedades químicas y organolépticas (Oracz y Nebesny, 2019). Durante este proceso, los granos de cacao rara vez

son expuestos a una temperatura controlada debido a que en su forma tradicional la temperatura del comal (plancha de tostado) dependerá de la destreza del artesano para mantener el fuego a una temperatura adecuada, causando cambios bioquímicos clave (Zapata *et al.*, 2015). El tostado es fundamental para disminuir la humedad de los granos hasta un 2%, esto facilita la eliminación de la cascarilla que recubre al grano, además de aumentar la rigidez del grano facilitando la molienda de esta (Cocom, 2021).

Un buen tostado permite la reducción de microorganismos, el principal riesgo asociado al chocolate es la presencia de *Salmonella* spp. debido a que se introduce por las manos de los recolectores o de los pies durante el secado de los granos causando la contaminación del producto final. La actividad de agua en el chocolate es de 0.3 con un pH de 5.5 que no permite el desarrollo de la bacteria, ni permite su eliminación (Agell, n.d.).

El tostado permite la reacción de Maillard que es fundamental porque los aminoácidos y azúcares reaccionan para desarrollar compuestos que contribuyen al color, aroma y sabor característicos del chocolate. Además, se producen cambios en la concentración de compuestos fenólicos, incluyendo catequinas y procianidinas, que son antioxidantes esenciales (Oracz & Nebesny, 2019).

También el tostado influye en la liberación de precursores de aromas y en la formación de nuevos compuestos volátiles, contribuyendo así a la complejidad sensorial del chocolate. Sin embargo, el tostado también puede llevar a pérdidas de ciertos antioxidantes, como ácido ascórbico y tocoferoles. Por ello, el rango de tostado varía entre 110°C- 150°C por un tiempo que va de 15 minutos hasta 60 minutos (Alegría, 2015).

1.4.5 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de alimentos representa una rama científica que cuantifica, analiza e interpreta las respuestas ante ciertas características percibidas por los sentidos

humanos, como lo son la vista, el olfato, el gusto, la audición y el tacto. La ciencia sensorial y la química del sabor emplean diseños experimentales y la percepción humana para contribuir a la toma de decisiones en la industria alimentaria (Reed, 2010), debido a que las características sensoriales de un alimento son elementos fundamentales para determinar la calidad que los consumidores buscan en el mercado (Lignou & Lebesi, 2016).

En el caso del licor de cacao se deben conservar sus características sensoriales, por ello, deben ser almacenados en ambientes secos y frescos de preferencia en bolsas inodora con cierre. Es recomendable contar con un entorno y condiciones óptimas para llevar a cabo la evaluación sensorial del licor de cacao o productos relacionados. Las primeras horas de la mañana o la tarde son momentos propicios para la catación, ya que la percepción de los distintos indicadores sensoriales es más fácil entre comidas. La temperatura ambiente ideal ronda los 20 °C, en lugares libres de olores o ruidos (Moreno *et al*, 2019)

Además, resulta beneficioso consumir pan o galletas soda y agua pura entre la degustación de diferentes muestras para limpiar el paladar de grasas y sabores ajenos a la muestra que se está analizando. En la evaluación de cualquier alimento, incluido el licor de cacao, los cinco sentidos son importantes para la percepción combinada de la calidad del análisis sensorial.

El Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA, por sus siglas en inglés) en el contexto del licor de cacao es una herramienta analítica avanzada que busca descomponer y cuantificar las complejidades sensoriales de este producto. El análisis QDA implica la evaluación sistemática de atributos sensoriales específicos por parte de un panel de catadores entrenados, este se realiza debido a que la caracterización sensorial es necesaria para comprender si el perfil sensorial y así conocer si logrará o no satisfacer los requerimientos esperados, y finalmente (Piza Luciana, 2014).

Por ello, se selecciona catadores entrenados específicamente para evaluar el licor de cacao. Estos catadores desarrollan un vocabulario sensorial estandarizado para describir los atributos relevantes. Se establece un perfil de atributos que se consideran críticos para describir las características sensoriales del licor de cacao. Esto puede incluir atributos como notas de cacao, amargor, dulzura, aromas frutales, entre otros. Los panelistas evalúan cada atributo sensorial utilizando una escala cuantitativa para asignar puntuaciones numéricas a la intensidad de cada característica. Finalmente, esto permite comprender la relación entre el perfil sensorial y el tratamiento otorgado al grano de cacao con el fin de obtener una mejor calidad de licor de cacao en lo posible (Piza Luciana, 2014).

Capítulo 2

2. Metodología.

2.1 Materia prima.

La muestra de granos de cacao se obtuvo de una plantación del cantón Vinces, provincia de Los Ríos, Ecuador, durante el mes de noviembre de 2023. Las muestras se fermentaron en sacos de yute sin volteos por 48 horas, y el secado fue realizado al sol por 3 días. Tras la fermentación y secado de los granos, se seleccionaron 12 kg y se transportaron a temperatura ambiente hasta Guayaquil, donde pasaron por una selección manual para retirar los granos defectuosos y los posibles peligros físicos (ramitas, piedras, trozos de metal). Se realizó el pesado y empacado de las muestras y se almacenaron en condiciones de sellado al vacío.

2.2 Diseño experimental y procesamiento del cacao.

Para el análisis de esta investigación se llevó a cabo seis programas de tostado de los nibs de cacao (A, B, C, D, E, F) donde se tuvieron en consideración dos variables no correlacionadas: el tiempo (X1) y la temperatura de tostado (X2) de los granos de cacao. Los niveles planteados se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Niveles codificados y reales de las variables independientes para el diseño factorial completo

Programa	X1	X2	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
A	-1	1	25	135
B	-1	0	25	125
C	-1	-1	25	115
D	1	1	35	135
E	1	0	35	125
F	1	-1	35	115

Nota. Elaboración Propia.

El tostado del cacao se llevó a cabo en un horno (Doyon, modelo CA6G serie número 1015, Estados Unidos) con alimentación de gas propano ubicado en la planta piloto de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). La elaboración del licor de cacao se realizó en las instalaciones de la empresa *M&J Chocolates* (Durán, Guayas, Ecuador). Se realizó una pre-molienda de los granos tostados en un molino de granos (Molino Corona con ensamblado de fabricación artesanal, Ecuador), posteriormente se realizó el refinamiento de la masa de cacao durante 6 horas en refinadoras de 10 lb (Premier Melangers, Estados Unidos).

2.3 Preparación de muestras y extracción de polifenoles.

Inicialmente, en la etapa de pretratamiento, se preparó una solución al 20% de carbonato de sodio (Na_2CO_3) (EMSURE, EMD Millipore Corporation). Se pesaron 2 g de carbonato de sodio y se mezclaron con 10 ml de agua destilada durante 3 minutos a temperatura ambiente. Las muestras fueron molidas en un triturador (Halminton Beach) y tamizadas (ADVANTECH DuraTap) en el laboratorio de Procesamiento de Alimentos en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) en ESPOL, para obtener un polvo con un tamaño de partícula inferior a 300 μm que se utilizaron en los tratamientos de extracción.

Se realizaron dos tratamientos de extracción en las muestras para el análisis de polifenoles en el laboratorio de Investigaciones Alimentarias de la FIMCP. En el tratamiento de extracción 1 (E1) se pesaron 100 mg de cacao en un matraz Erlenmeyer de 200 ml y se adicionó 75 ml de agua destilada. Las muestras fueron sonificadas durante 10 min en un baño ultrasónico (BRANSONIC, modelo M3800), se aforó y se separó 15 ml en tubos de ensayo que se llevó a congelación para el posterior análisis.

En el tratamiento de extracción 2 (E2), se dispersaron 5 g de las muestras en polvo en 25 ml de n-hexano y se agitaron durante 4 horas a 170 rpm en un shaker orbital (Thermo Scientific, modelo SHKE4450) a temperatura ambiente. Posteriormente, la suspensión se filtró con papel filtro (15 μ m), se lavó con 5 ml de n-hexano y se secó a temperatura ambiente. Las muestras desengrasadas (0,45 g) se dispersaron en 45 mL de solución solvente de extracción compuesta por MeOH:agua:CH₃-COOH en la proporción 79,2:20:0,8 (v/v), se agitaron durante 3 horas a temperatura ambiente en shaker orbital y se filtraron para obtener soluciones claras de polifenoles que se llevó a congelación para el posterior análisis. Este último procedimiento de extracción (E2) también se utilizó para la extracción de polifenoles en el licor de cacao.

2.4 Contenido de polifenoles.

Se determinó el contenido total de polifenoles mediante una variante del método AOAC 2017.13, en diferentes etapas de procesamiento: antes y después del tostado, y en el licor de cacao.

Para obtener la curva de calibración (Apéndice A), se disolvieron 0.01 g de ácido gálico (SIGMA) en un matraz volumétrico ámbar de 10 ml con 7 ml de agua destilada, sometiéndolo a un baño ultrasónico por aproximadamente 10 minutos. Después se identificaron 8 tubos de ensayo para cada muestra. Se agregaron 5 ml de agua destilada y 330 μ l de reactivo Folin-C (SIGMA-ALDRICH) a todos los tubos. A los primeros 6 tubos se les añadió 330 μ l de cada solución de la curva de calibración; a los 2 últimos, 330 μ l de la solución con la muestra. Tras mezclar y reposar durante 6 minutos, se agregó 1 ml de solución de carbonato de sodio al 20%. Luego, toda la mezcla se incubó durante 3 horas a temperatura ambiente en la oscuridad. Finalmente, se tomó 200 μ l de cada tubo y se transfirió a una microplaca de 96 celdas. La absorbancia se midió a 765 nanómetro con un

espectrofotómetro UV-VIS (Agilent 8453, Waldbronn, Alemania). Este análisis se replicó tres veces para cada tratamiento, y los resultados se expresaron como gramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (GAE mg/g).

2.5 Análisis descriptivo cuantitativo del licor de cacao.

El análisis sensorial descriptivo del licor se realizó con los panelistas que conforman el panel entrenado de licor de cacao y chocolate de la ESPOL, quienes cuentan con más de 30 horas de entrenamiento en la metodología Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA, por sus siglas en ingles) para licor de cacao. Este entrenamiento se ha llevado a cabo de acuerdo con los estándares de la organización internacional Cacao de Excelencia, siguiendo las pautas establecidas por el International Standards for the Assessment of Cacao Quality and Flavour (ISCQF).

Las muestras de licor de cacao luego de ser sometidos a baño maría y estar entre 40°C – 45 °C se colocaron en envases de plástico individuales (1.5 g) codificados con tres dígitos y se presentaron a los panelistas durante el día en cabinas sensoriales individuales. Se instruyó a los evaluadores para que limpiaran sus paladares con galleta soda y agua tibia entre cada una de las muestras. Se presentó el formulario de evaluación sensorial de Cacao de Excelencia (Apéndice B) que evalúa las muestras en una escala del 1 al 10, teniendo 5 atributos principales: grado de tostado, cacao, amargor, astringencia y acidez, este último estando dividido en subcategorías de: frutal, acética, láctica, mineral y butírica. Adicional a estos atributos principales, el mismo formulario cuenta con la valoración de otros atributos de sabor como: fruta fresca (bayas, cítricos, oscura, pulpa amarilla/anaranjada/blanca y tropical); fruta marrón (seca, marrón, sobre madura); vegetal (pasto/vegetal verde/hierba y terroso/hongo/musgo/bosque); floral (flor de azahar y flores), madera (clara, oscura y resina); especias (especias, tabaco y sazonado/umami); nuez (parte interna y piel de la nuez),

caramelo/panela y sabores atípicos/defectos (sucio/empolvado, humedad, mohoso, carnosos/animal/cuero, sobre fermentado/fruta podrida, podrido/estiércol, humo y otros).

2.6 Análisis Estadístico.

En el Análisis Descriptivo Cuantitativo, se empleó ANOVA de dos vías, utilizando muestras y panelistas como efectos fijos. Adicionalmente, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) del modelo lineal y se generaron gráficos de superficie de respuesta para diversas interacciones, específicamente entre el atributo de astringencia y las variables de temperatura y tiempo de tostado. Estos análisis fueron seguidos por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para realizar comparaciones entre grupos.

Todos los datos recopilados se procesaron mediante el paquete Statistical Analysis System y Microsoft Excel para el respectivo análisis ANOVA.

2.7 Diseño de planta.

Para el diseño de planta se consideró un terreno en la localidad de Eloy Alfaro, vía Durán-Yaguachi debido al bajo costo del metro cuadrado de los terrenos, y por tener una mayor cercanía con la materia prima. En donde se especificó las siguientes áreas:

Áreas no productivas: Enfermería, oficinas, comedor, garita, estacionamiento, baños y vestidores.

Áreas productivas: Recepción y pesado de materia prima, selección, tostado, enfriado, descascarillado, pre-molienda, refinado, envasado, enfriado, almacenamiento y despacho.

Áreas complementarias: Laboratorio de calidad, cuarto de máquinas, áreas de desinfección, área de sanitización de moldes.

2.7.1 Factores de análisis

2.7.2 Cercanía a materia Prima

En la actualidad, la materia prima empleada para este ensayo y experimentos consiste en granos de cacao provenientes del cantón Vinces, ubicado en la provincia de Los Ríos. La localidad mencionada se sitúa a 104.1 kilómetros del centro de Durán. Este desplazamiento implica un tiempo de transporte de una hora con 50 minutos, para asegurar la entrega de la materia prima en condiciones óptimas. Este procedimiento se realiza para preservar la integridad del grano de cacao seco, evitando que se vea afectado por las condiciones inherentes al transporte y almacenamiento.

2.7.2.1 Disponibilidad de mano de Obra.

En estos últimos 10 años, Durán ha crecido en habitantes debido a la falta de terrenos y espacio en Guayaquil (Primicias, Censo Ecuador, 2023), lo que motivo la migración a esta ciudad, se observa una disponibilidad accesible de mano de obra, con una gran demanda de empleo, ya que en Durán están las zonas industriales. El manejo de maquinaria no presenta

un nivel significativo de dificultad, lo que implica que no se exige un perfil laboral altamente especializado. Sin embargo, se destaca la necesidad de una capacitación continua para asegurar la obtención de resultados conforme a los requisitos establecidos. Los salarios de los trabajadores están regidos por la legislación laboral de Ecuador, que especifica que no pueden ser inferiores al salario básico establecido. Actualmente, este salario se fija en \$460 (Primicias, Economía, 2023).

2.7.2.2 Disponibilidad de transporte.

El acceso expedito al transporte público, incluyendo autobuses urbanos, expresos o rutas, es un requisito esencial para el personal. La ciudad de Durán dispone de una variada oferta de medios de transporte, minimizando así la influencia de este factor.

2.7.2.3 Disponibilidad de servicios básicos.

En la localidad, se dispone de servicios básicos vitales como agua, electricidad, alcantarillado, así como infraestructura de internet y telefonía, elementos esenciales para el adecuado funcionamiento de la planta. En Durán, la provisión eléctrica es responsabilidad de la empresa CNEL GUAYAS, mientras que el suministro de agua potable y sistemas de alcantarillado, entre otros servicios, está a cargo de la empresa EMAPAD. Estos servicios son fundamentales para garantizar la operatividad eficiente de las instalaciones.

2.7.2.4 Posibilidad de expansión.

La posibilidad de expansión en Durán, caracterizado por ser parte de la zona industrial, ofrece oportunidades estratégicas y beneficios significativos para el crecimiento de la planta de procesamiento de licor de cacao. El bajo costo del metro cuadrado de la ciudad de Durán permite realizar proyectos de expansión conforme la planta aumente su demanda.

2.7.2.5 Costo de terrero.

En la ciudad de Durán, el costo del metro cuadrado de terreno dependiendo de la ubicación puede variar desde \$40 a \$100, experimentando anualmente una variación con un incremento notable del 8.4%. Este valor representa un indicador crucial al evaluar la viabilidad financiera y económica de adquisiciones de terreno en la localidad (Durán, 2021).

2.7.3 *Análisis del tamaño de la planta*

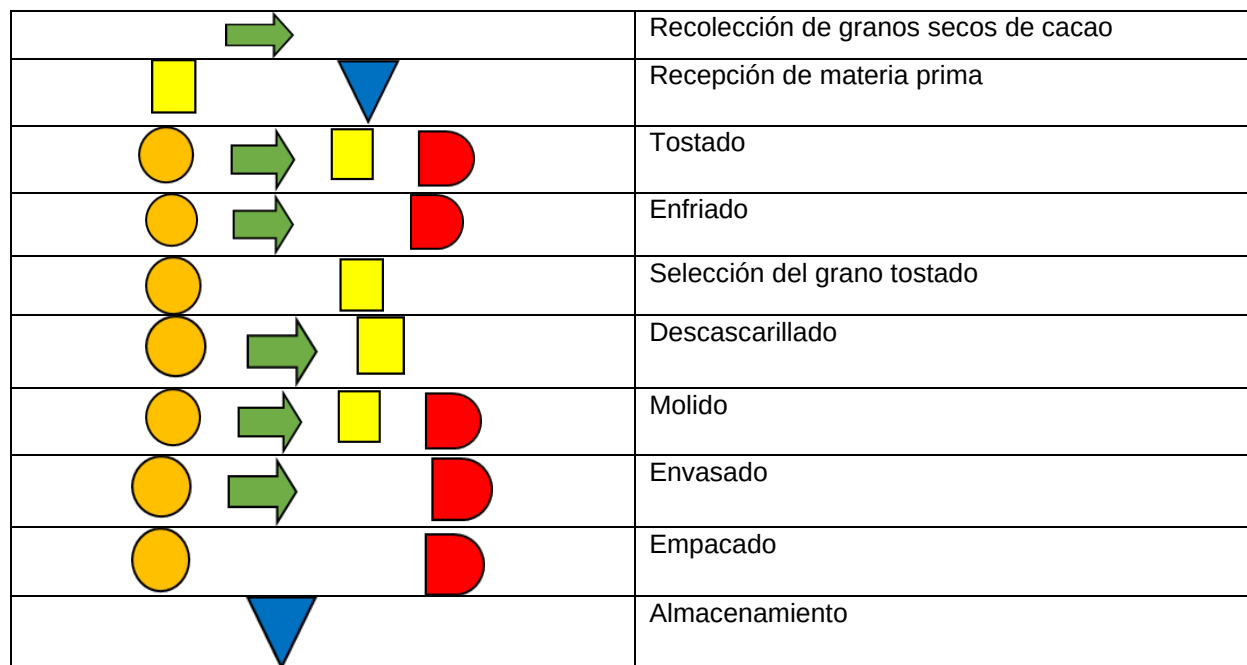
Al ser una micro planta procesadora de licor de cacao se debió realizar bosquejos y la utilización de programas que permitan simular el área mínima requerida para que albergue las áreas productivas, no productivas y complementarias.

2.7.4 *Análisis de recorrido de productos*

Es esencial realizar el diagrama de recorrido sencillo para determinar las actividades realizadas en cada etapa del proceso. Es una herramienta que permite entender y optimizar el proceso que sigue un producto desde su fabricación hasta la entrega al cliente. Permite identificar posibles ineficiencias, puntos de mejora y oportunidades para optimizar la cadena de suministro, reducir costos y mejorar la calidad del producto. Este análisis puede ser crucial para empresas que buscan maximizar la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. En la figura 1 describe las actividades de cada etapa. Lo que permitió determinar las distintas etapas que se generan durante el transcurso el procesamiento del producto. Se determinaron 5 etapas de inspección, 5 etapas de demora donde la etapa de molido tiene el mayor tiempo de demora.

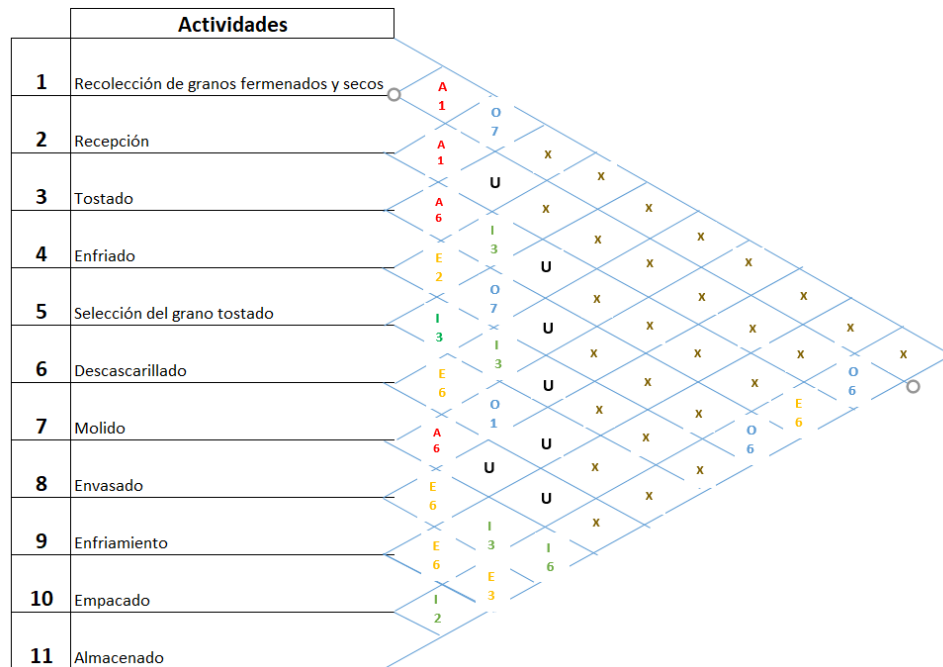
Figura 1

Cuadro de recorrido del producto.



2.7.5 Relación de actividades

La relación de actividades es una herramienta que proporciona una secuencia necesaria para los equipos y ayuda en la distribución efectiva de la maquinaria, es conocido también como cuadro de proximidades. En la figura 2 podemos observar que los casilleros están marcados por letras las cuales significan: A (Absolutamente necesaria), E (Especialmente importante), I (Importante), O (Ordinaria), U (Sin importancia) y X (Rechazable). Por medio del cuadro de relación de actividades se determinaron 4 proximidades tipo A, 6 proximidades tipo E, 6 proximidades tipo I, 5 proximidades tipo O, 7 proximidades tipo U y finalmente 27 proximidades tipo X.

Figura 2*Cuadro de relación de actividades*

2.7.6 CORELAP

Se utilizó el programa CORELAP que utiliza métodos computarizados para analizar y optimizar la distribución de las áreas dentro de una planta, considerando las relaciones espaciales entre diferentes áreas o equipos. Esto ayudó a maximizar el flujo de trabajo, reducir los tiempos de transporte de materiales, minimizar los cuellos de botella y mejorar la eficiencia general de la planta (Mejia et al., 2011).

Entre las ventajas que se encontró de este programa tenemos:

Optimización del espacio: Permitió diseñar una distribución espacial eficiente de equipos y áreas, aprovechando al máximo el espacio disponible.

Reducción de costos: Al mejorar la disposición de la planta, se redujo los costos operativos, se optimizó el flujo de trabajo causando la disminución de los tiempos de producción.

Análisis de escenarios: Permitió probar diferentes configuraciones y escenarios para encontrar la disposición óptima antes de implementar básicamente el diseño.

Facilidad de modificación: Facilitó la adaptación a cambios futuros en la planta, ya que permite realizar ajustes y modificaciones de diseño de manera más rápida y eficiente.

2.7.7 VISION

Microsoft Visio es una herramienta de software que permitió crear diagramas y gráficos, y se utiliza en diversos campos, incluido el diseño de plantas.

Con esta herramienta se pudo realizar un Diseño de Disposición Espacial, para crear diagramas que representan la disposición física de equipos y áreas dentro de la planta. Esto incluyó la ubicación de maquinaria, estaciones de trabajo, pasillos y otros elementos clave (Mejia et al., 2011)

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Análisis de contenido total de polifenoles.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del contenido total de polifenoles mediante dos métodos de extracción para los granos de cacao: utilizando un baño supersónico (E1), o empleando un solvente (E2), y los resultados del licor de cacao (LC). Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor para evaluar posibles diferencias entre dos métodos de extracción (E1 y E2) revelaron hallazgos estadísticamente significativos, indicados por un valor de p (0,026) inferior al nivel de significancia adoptado (0,05). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula de que no hay diferencias entre E1 y E2, sugiriendo que al menos uno de los grupos exhibe un rendimiento significativamente distinto (Apéndice C). En el caso de E1, la muestra sin tostar y los programas de tostado A y D no revelaron la presencia de polifenoles; mientras que, con el método E2 se logró obtener resultados en estas muestras. El contenido de manteca en las muestras pudo haber tenido un impacto en la medición del contenido de polifenoles en E1. Urbańska & Kowalska (2019) resaltan la importancia del disolvente utilizado en la extracción, como el caso de la acetona, que es capaz de aumentar la extracción de flavonoides de diferentes materiales vegetales.

Como se obtuvo mejores resultados se consideró el método E2 para el análisis de los resultados en nibs de cacao tostado en comparación del licor de cacao. Los resultados del ANOVA de los tratamientos de tostado del método E2 indicaron que no se observa una diferencia significativa con un intervalo de confianza del 95%, ya que la variable Tiempo muestra un valor de p (0,281), mientras que la variable Temperatura presenta un valor de p (0,68), ambos insuficientes para rechazar la hipótesis nula H_0 (Apéndice D). No obstante, al analizar los datos, se puede observar que el tiempo de tostado está más cerca de afectar la variable de respuesta.

Tabla 2

Resultados del contenido de polifenoles utilizando el proceso de extracción con baño supersónico (E1) y con solvente (E2), en cada tratamiento de tostado (A-F), en los granos sin tostar (ST) y en licor de cacao (LC).

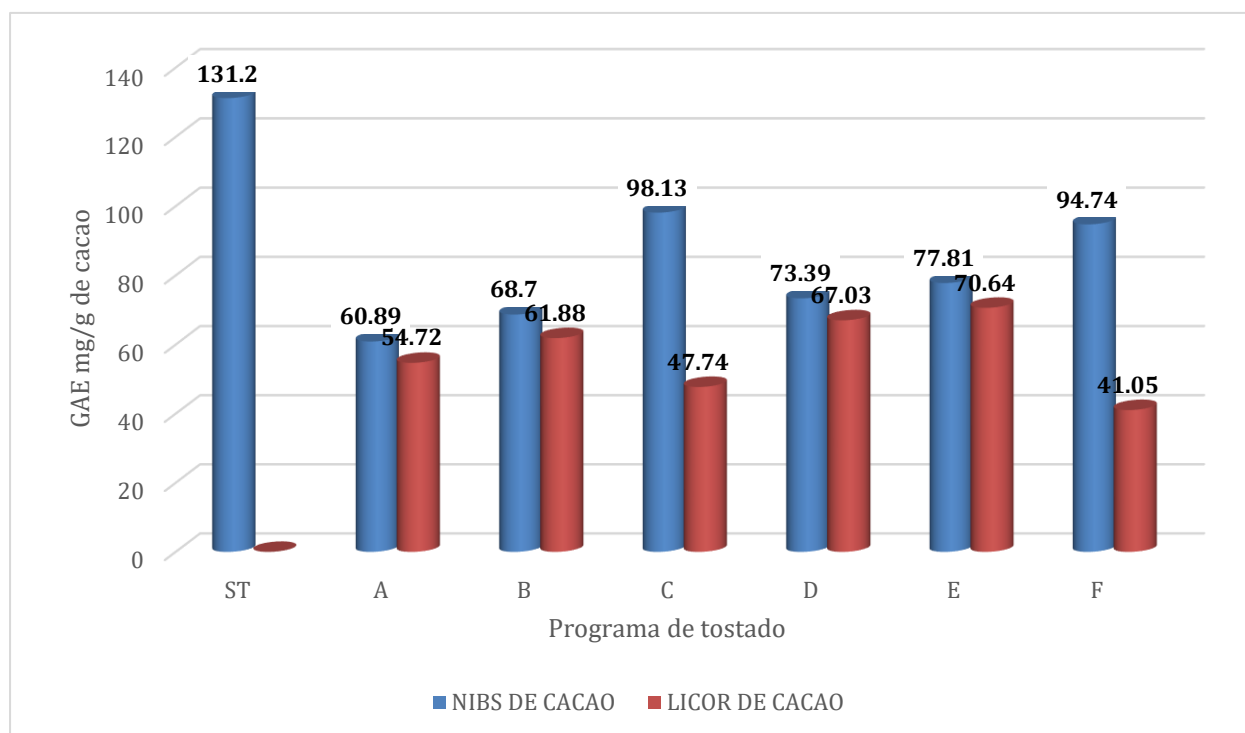
Tratamiento de tostado	E1 (GAE mg /g)	E2 (GAE mg /g)	LC (GAE mg /g)
ST	0,00±0,00	131,20±7,92	-
A	0,00±0,00	60,89±7,50	54,72±13,08
B	85,44±17,73	68,70±12,48	61,88±8,26
C	62,89±0,85	98,13±14,75	47,74±3,04
D	0,00±0,00	73,39±20,05	67,03±3,22
E	85,23±1,53	77,81±6,86	70,64±11,08
F	57,10±3,04	94,74±35,65	41,05±4,57

Nota. Elaboración Propia.

Como se observa en la Figura 3, los programas de tostado que obtuvieron una mayor conservación de polifenoles en nibs de cacao fueron los tratamientos C y F (115 °C durante 25 y 35 minutos, respectivamente), mientras que los tratamientos A y B (135 y 125 °C durante 25 minutos, respectivamente) en la etapa de tostado del nibs obtuvieron mayor pérdida. Sin embargo, durante la elaboración de licor de cacao fueron los programas D y E (135 y 125 °C durante 35 minutos, respectivamente) los que tuvieron una mayor conservación de polifenoles; mientras que, los programas C y F (115°C durante 25 y 35 minutos, respectivamente) los de mayor pérdida.

Figura 3

Contenido de polifenoles totales determinados por el ensayo de Folin-Ciocalteu del proceso de extracción 2 en nibs de cacao sin tostar (ST) y con diferentes programas de tostado en el nib de cacao (A-F) y en licor de cacao con diferentes programas de tostado (A-F)



(Lemarcq et al., 2022; Mounjouenpou et al., 2018; Oracz & Nebesny, 2019; Rojas et al., 2022; Schinella et al., n.d.; Urbańska & Kowalska, 2019; Żyżelewicz et al., 2018)(Lemarcq et al., 2022; Mounjouenpou et al., 2018; Oracz & Nebesny, 2019; Rojas et al., 2022; Schinella et al., n.d.; Urbańska & Kowalska, 2019; Żyżelewicz et al., 2018) Los resultados del ANOVA de dos factores de los programas de tostados en E2 y el licor de cacao indicaron que la variabilidad entre los programas de tostado ($p = 0,917$) y las de las etapas de proceso E2 y LC ($p = 0,0724$), no fueron estadísticamente significativos para sugerir diferencias significativas entre estos grupos (Apéndice E). En comparación con los granos de cacao sin tostar, existe una reducción de entre 40 y 60% del TPC después del tostado con temperaturas altas y medias (A, B, C y F), mientras que los tratamientos D y E mostraron una

mayor conservación de TPC (Figura 3). Lo que concuerda con bibliografía de diferentes autores que la descomposición de polifenoles puede sufrir cambios debido a reacciones de Maillard que se da producto de procesar el grano a altas temperaturas (Lemarcq et al., 2022; Mounjouenpou et al., 2018; Oracz & Nebesny, 2019; Rojas et al., 2022; Schinella et al., n.d.; Urbńska & Kowalska, 2019; Żyżelewicz et al., 2018). Después del refinado existe una reducción del TPC en el licor de cacao, a pesar de que el análisis ANOVA no mostró resultados estadísticos que demuestren una diferencia, es posible ver una mayor diferencia entre el contenido de TPC en nibs de cacao tostado y el licor de cacao de los tratamientos C y F. Esto se pudo dar mediante interacciones entre los polifenoles y otros componentes en el cacao que alteraron sus propiedades químicas. Abhay y colaboradores (2016) en su investigación atribuyeron la degradación de polifenoles a bajas temperaturas principalmente a mecanismos de degradación enzimática. Mientras que La Mantia y colaboradores (2023) lo relacionan con productos de la reacción de Maillard que suelen darse en otras etapas de producción como en molienda y refinado.

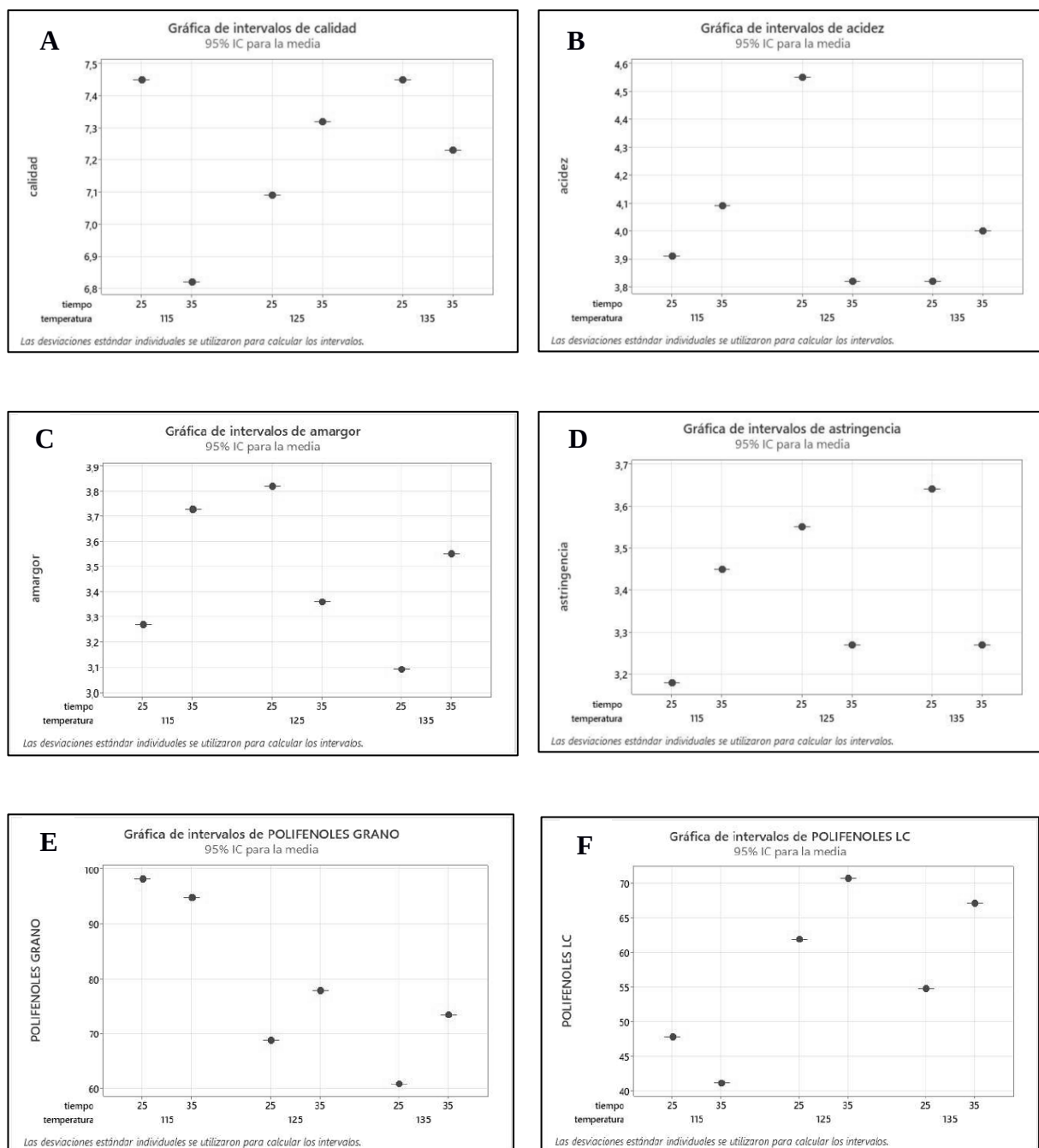
3.2 Análisis descriptivo cuantitativo.

Los panelistas entrenados evaluaron los atributos asociados con respecto a los tratamientos de tostado para la elaboración del licor de cacao y estos resultados se analizaron mediante ANOVA de doble factor para identificar posibles diferencias en la percepción de estos atributos entre programa de tostado y/o entre los atributos descriptivos. Los resultados, con un valor p de 0,328, indicaron que no se observaron diferencias significativas en la percepción entre los diferentes tratamientos de tostado en relación con los atributos de calidad (Apéndice L). No obstante, los datos revelaron que con un valor p de $6,80 \times 10^{-20}$, los panelistas sí identificaron diferencias significativas entre los distintos atributos de calidad en una misma muestra de licor de cacao (Apéndice L).

La figura 4 nos permite observar los cambios producidos en los atributos de calidad global, acidez, amargor, astringencia, concentración de polifenoles en el grano tostado y en el licor de cacao, permitiendo comparar qué muestras presentan los picos más altos y los más bajos. Al observar el gráfico E y F de la figura 4 se puede observar la variación del contenido de compuestos fenólicos entre el tostado y su forma final como licor de cacao. En la etapa de tostado se obtuvo que los tratamientos con mayor concentración de polifenoles fueron los tratamientos expuestos a la temperatura más baja, sin embargo, durante la etapa de refinamiento fueron los más susceptibles a la pérdida de compuestos fenólicos durante el refinamiento. Mientras que los tratamientos a temperaturas de 125 °C y 135°C no fueron susceptibles a la etapa de refinamiento. Se observa también que los tratamientos de 125°C a 35 min y 135°C a 35 min presentaron los más altos picos en contenidos de polifenoles en licor de cacao.

Figura 4

Gráficos de intervalos de los tratamientos realizados.



En el atributo de calidad global el tratamiento F (115°C x 35 min) obtuvo la valoración más baja con un puntaje de $6,82 \pm 0,57$ (Tabla 3), menor al mínimo aceptado que es 7. La muestra F tiene la media más baja y la menor variabilidad, lo que podría indicar una consistencia en la percepción de la calidad, pero en un nivel más bajo. A diferencia de los tratamientos A y C que tuvieron una valoración en su calidad de 7,45 (Tabla 3). Aunque la temperatura de tostado es diferente, el tratamiento A y C tuvieron atributos en sus perfiles sensoriales durante el tostado, que causaron valoraciones globales similares. En el atributo de acidez total se obtuvieron dos muestras con la valoración más baja, estos tratamientos fueron el A y E con un valor de 3,82, mientras que el tratamiento con mayor acidez en el licor de cacao fue el tratamiento B con un valor de 4,55. En el atributo Amargor se observó que el tratamiento A (135°C x 25 min) obtuvo la valoración más baja, mientras que en el atributo de Astringencia recibió la valoración más elevada entre los 6 tratamientos. Con respecto al tratamiento B (125°C x 25 min) recibió la valoración más elevada con respecto al amargor, pero al comparar su nivel de astringencia se ubicó en el segundo tratamiento más elevado.

Tabla 3

Resultados promedios de los atributos principales de las muestras de licor de cacao

Atributos	A	B	C	D	E	F
Calidad Global	7,45 $\pm$ 0,5	7,09 $\pm$ 0,9	7,45 $\pm$ 0,5	7,23 $\pm$ 0,85	7,32 $\pm$ 0,75	6,82 $\pm$ 0,57
Cacao	4,55 $\pm$ 1,37	4,64 $\pm$ 1,23	4,36 $\pm$ 1,23	5,18 $\pm$ 1,33	4,73 $\pm$ 0,96	4,64 $\pm$ 1,15
Acidez total	3,82 $\pm$ 0,83	4,55 $\pm$ 0,99	3,91 $\pm$ 1,24	4,00 $\pm$ 0,83	3,82 $\pm$ 0,72	4,09 $\pm$ 1,00
Amargor	3,09 $\pm$ 1,00	3,82 $\pm$ 1,11	3,27 $\pm$ 1,21	3,55 $\pm$ 1,20	3,36 $\pm$ 0,88	3,73 $\pm$ 1,05
Astringencia	3,64 $\pm$ 1,37	3,55 $\pm$ 1,16	3,18 $\pm$ 1,4	3,27 $\pm$ 1,78	3,27 $\pm$ 1,54	3,45 $\pm$ 1,50
Grado de tostado	4,82 $\pm$ 1,03	4,82 $\pm$ 1,40	4,55 $\pm$ 0,99	4,91 $\pm$ 2,07	4,73 $\pm$ 1,14	4,82 $\pm$ 1,11

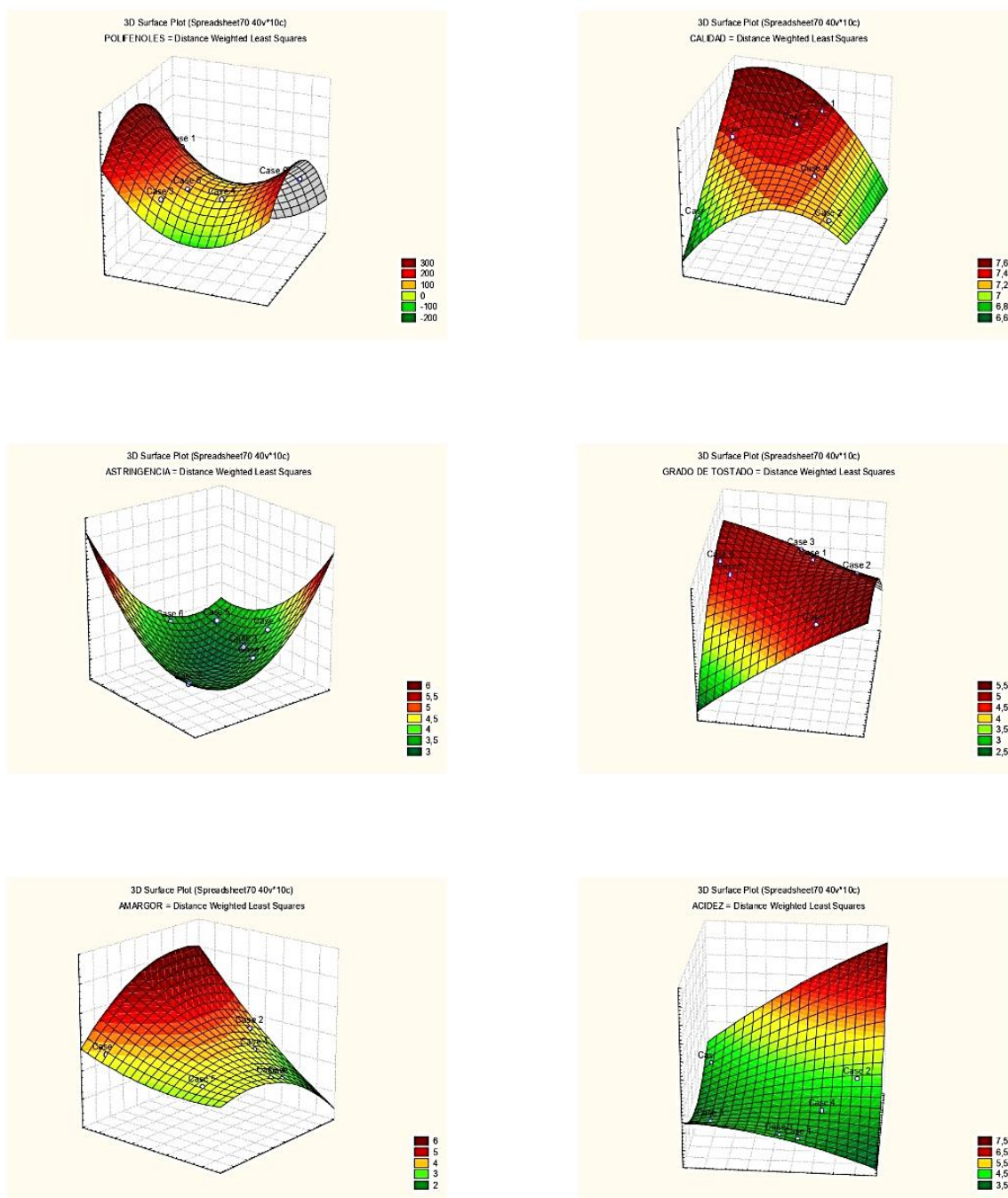
Nota. Elaboración Propia.

El atributo de Amargor no hubo una diferencia marcada entre los tratamientos (valor $p = 0,647$), el tratamiento B obtuvo la valoración más alta, mientras que el tratamiento A obtuvo la valoración más baja. En los comentarios de los panelistas indicaron que varias muestras al presentar una acidez elevada no pudieron apreciar adecuadamente el amargor de la muestra. El atributo de Astringencia tampoco presentó diferencia (valor $p 0,9790$), sin embargo, el tratamiento A presentó la valoración más elevada 3,64, mientras que el tratamiento C presentó la valoración más baja 3,18 (Tabla 3). La bibliografía al respecto indica que la disminución de la astringencia en los productos de cacao puede ser influenciada por la pérdida de polifenoles debido a la oxidación y exudación de los granos de cacao durante el procesamiento (Misnawi et al., 2004).

La mejor relación entre calidad global de los tratamientos y el contenido de polifenoles se obtuvo en el tratamiento E (125 °C x 35 min) que se relaciona con lo mencionado por (Rocha et al., 2017) quienes indicaron que tostar el cacao a 120 °C durante 40 min produjo mayor sabor a cacao, menor astringencia y sabor ácido. Los gráficos de superficies de la figura 5 permiten visualizar las diferentes interacciones de los atributos principales, donde se observa que la calidad global del licor de cacao se ve afectada debido a la concentración de polifenoles presentes en el licor, y cómo la valoración obtenida en amargor, acidez y astringencia causa repercusiones en la calidad.

Figura 5

Gráficas de superficie de respuesta para los efectos en astringencia y calidad general respecto al contenido de polifenoles en el licor de cacao

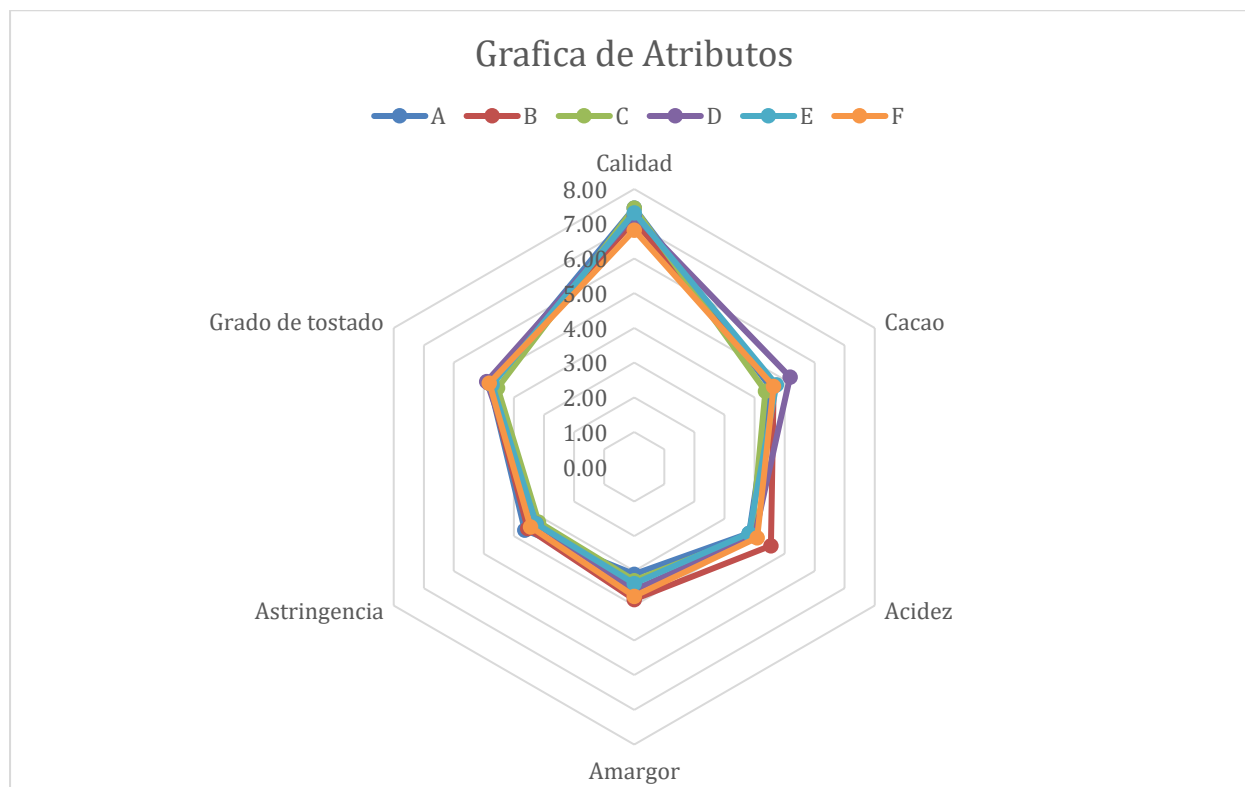


La astringencia se suele asociar erróneamente con el amargor, debido a la falta de comprensión de su naturaleza por parte de muchas personas, ya que varios polifenoles muestran tanto amargor como astringencia. En otra investigación acerca del tostado de granos de cacao, Ramli y colaboradores (2006) también observaron que el sabor y el aroma a quemado se intensificaban al aumentar tanto el tiempo como la temperatura de tostado (una temperatura de 170 °C durante 50 minutos resultaba en un mayor sabor a quemado, amargor y astringencia).

Conforme a los datos obtenidos por los panelistas entrenados se visualizó datos fuera de rango, y valores atípicos. Además de que varios panelistas a pesar de compartir comentarios positivos en observaciones calificaron la calidad global con una valoración más baja de la media.

Figura 6

Grafica de Atributos presentes en el licor de cacao según su tratamiento de tostado.



En la Figura 6 se observa la valoración de los atributos principales presentes en el licor de cacao, en donde se evidencia que no existen diferencias marcadas entre los diferentes tratamientos de tostado.

Sin embargo, al analizar los atributos secundarios evaluados por los panelistas de acuerdo con la metodología de evaluación de licor de cacao de Cacao de Excelencia, se evidenció que el tratamiento C y E presentan las más altas valoraciones para acidez frutal. Al comparar los tres atributos secundarios más altos de cada tratamiento se obtuvo lo siguiente: El tratamiento A presentó atributos con respecto a fruta marrón, fruta fresca y nuez. El tratamiento B se caracterizó por tener sabores a nuez, madera y acidez láctica. El tratamiento C presentó atributos a vegetal, especias y fruta fresca. El tratamiento D se caracterizó por tener sabores a madera y nuez. El tratamiento E presentó atributos a madera, nuez y fruta marrón. Finalmente, el tratamiento F presentó una mayor cantidad de atributos secundarios de los que sobresalen acidez acética, fruta fresca, vegetal y nuez.

3.3 Diseño de plantas

Se elaboró el layout de la empresa en base a las especificaciones de espacio requerido para las áreas productivas, no productivas y complementarias, obteniendo un área total de 418 m². Debido a la proximidad de algunas operaciones unitarias se unificaron varios procesos en una misma área como fue: área de tostado que se compone del tostador, enfriador del grano y descascarillado; área de refinado que se compone por el pesado, pre-molienda y refinador; y área de empaquetado que se compone del enfriado del licor, desmoldado y empaquetado.

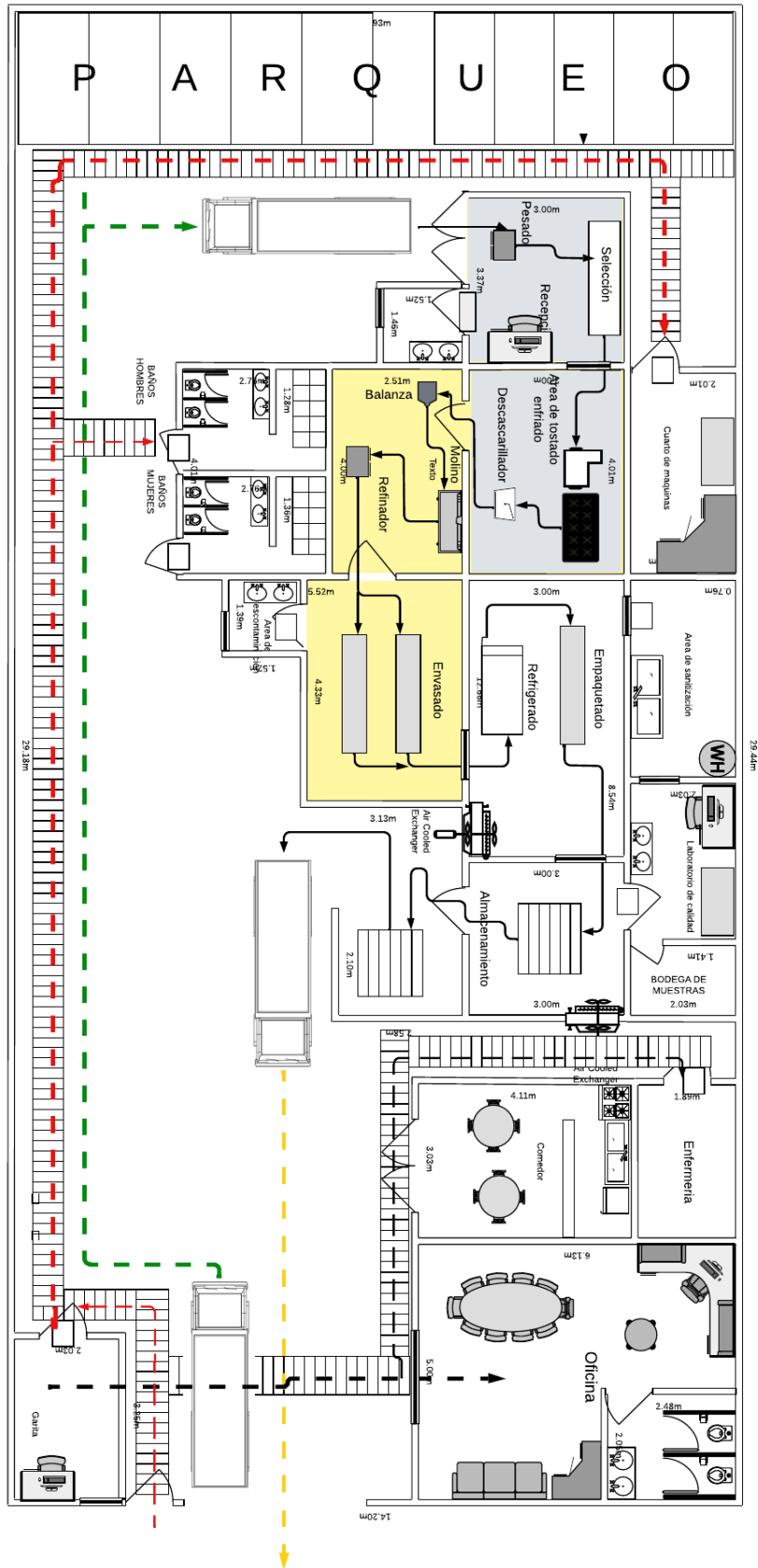
En el Apéndice N se observar la tabla de necesidades de espacios que detalla las cercanías de las áreas para simular un flujo continuo del alimento y sin retroceso, Además, se complementó con el programa CORELAP para obtener una distribución de la planta a nivel boceto. El área total que se obtuvo fue de 250.18 m² en el que se incluye las áreas estáticas, área de gravitación y el área de evolución.

Con la ayuda de la tabla de necesidades de espacio se determinó el grado de importancia y cercanía de las áreas para evitar los retrocesos o interferencias en el flujo del producto. Esto permitió tener una mejor visualización de las áreas no productivas, complementarias y de producción, evitando la contaminación cruzada, focos de contaminación o presencia de plagas.

A pesar de que el área total es de 250.18 m^2 , en el programa de Lucidchart se abarcó un espacio de alrededor de 418.05 m^2 , tal como se observa en la figura 7, el aumento del espacio se da debido al espacio entre las áreas productivas con las no productivas, para evitar la proximidad entre ellas y prevenir posibles accidentes. Además, se buscó evitar que los trabajadores ingresen con alimentos a las áreas productivas. Se implementó también la señalización del paso peatonal como medida preventiva contra accidentes automovilísticos.

Figura 7

Layout de distribución de la microempresa para producción de licor de cacao.



3.3.1 Costos de implementación de la micro planta procesadora de licor de cacao

En los costos de implementación de la micro planta procesadora de licor de cacao se consideraron gastos de inversión, costos variables, gastos de depreciación, costos fijos y otros. Para determinar el costo de producción y de venta del producto se realizó la cotización de los equipos e implementos según la capacidad de producción que fue de 90 kg/lote de licor de cacao.

Tabla 4

Listado de equipos y materiales requeridos para la implementación de la planta procesadora.

GASTOS ACTIVOS DE INVERSIÓN			
Equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Balanza industrial	2	\$96,00	\$192,00
Tostador - enfriador	1	\$3.500,00	\$3.500,00
Silla	5	\$65,00	\$325,00
Pallet base plástico	2	\$25,00	\$50,00
Estantería	3	\$178,00	\$534,00
Molino industrial	1	\$390,00	\$390,00
Mesa de trabajo acero inoxidable	5	\$195,00	\$975,00
Refinador	2	\$12.000,00	\$24.000,00
Lavadero doble pozo	2	\$550,00	\$1.100,00
Congelador doble puerta	1	\$1.450,00	\$1.450,00
balanza	2	\$120,00	\$240,00
Descascarillador	1	\$3.500,00	\$3.500,00
Aire acondicionado	2	\$340,00	\$680,00
Jackpallet Galvanizado 2.5 tn	1	\$959,00	\$959,00
Impresora térmica etiquetadora	1	\$196,42	\$196,42
Computador	1	\$500,00	\$500,00
TOTAL, GASTOS FIJOS DE INVERSIÓN			\$38.591,42

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Costo mensual de materia prima y materiales de envasado y etiquetado.*

COSTOS VARIABLES 1: Materia prima y material de envasado			
Descripción	Cantidad mensual necesaria	Precio unitario	Precio total
Cacao seco (kg)	4000	\$3,00	\$12.000,00
Agua potable (m3)	60	\$0,62	\$37,20
moldes	100	\$1,80	\$180,00
Etiquetas adhesivas con impresión	3800	\$0,09	\$342,00
empaque bopp	3800	\$0,03	\$129,20
TOTAL COSTOS VARIABLES 1			\$12.688,40

*Nota. Elaboración Propia.***Tabla 6***Costo mensual de contratación de personal de las diferentes áreas.*

COSTOS VARIABLES 2: Mano de obra			
Descripción	Personal	Sueldo Base	TOTAL
Laboratorista	1	\$650,00	\$650,00
Obrero	6	\$900,00	\$5.400,00
Servicios generales	1	\$450,00	\$450,00
Atención y ventas	1	\$500,00	\$500,00
Reparaciones	1	\$600,00	\$600,00
TOTAL COSTOS VARIABLES 2			\$7.600,00

*Nota. Elaboración Propia.***Tabla 7***Sumatoria de costos variables total mensual*

COSTO VARIABLE TOTAL (1+2+3)	
COSTO VARIABLE 1: Materia prima y material de envasado	TOTAL
TOTAL, COSTOS VARIABLES 1	\$12.688,40
Costos variables 2: Mano de obra	
TOTAL, COSTOS VARIABLES 2	\$7.600,00
Costos variables 3: Mantenimiento y calibración	
COSTOS VARIABLES 3	\$800
Costo de producción	\$21.088,40

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 8*Desglose de gastos fijos mensual.*

COSTOS FIJOS 1: Servicios Básicos			
	Personal	Precio Unitario	TOTAL
Teléfono	1	\$20.00	\$20.00
Luz	1	\$225.00	\$230.00
Internet	2	\$40.00	\$80.00
Agua	1	\$50.00	\$50.00
Material de oficina	2	\$15.00	\$30.00
TOTAL, COSTOS FIJOS 1			\$410.00

*Nota. Elaboración Propia.***Tabla 9***Desglose de la depreciación de equipos de trabajo y otros.*

GASTOS FIJOS: Depreciación de equipos				
Equipos	Precio unitario	Vida Útil (años)	Depreciación anual	Depreciación mensual
Balanza industrial	\$220,00	10	\$22,00	\$1,83
Tostador - enfriador	\$3.500,00	10	\$350,00	\$29,17
Silla	\$65,00	5	\$13,00	\$1,08
Pallet base plástico	\$25,00	3	\$8,33	\$0,69
Estantería	\$178,00	10	\$17,80	\$1,48
Molino industrial	\$390,00	10	\$39,00	\$3,25
Mesa de trabajo acero inoxidable	\$195,00	10	\$19,50	\$1,63
Refinador	\$24.000,00	10	\$2.400,00	\$200,00
Lavadero doble pozo	\$550,00	10	\$55,00	\$4,58
Congelador doble puerta	\$1.450,00	20	\$72,50	\$6,04
balanza	\$120,00	10	\$12,00	\$1,00
Descascarillador	\$3.500,00	10	\$350,00	\$29,17
Aire acondicionado	\$340,00	10	\$34,00	\$2,83
Computadora	\$500,00	10	\$50,00	\$4,17
Jackpallet Galvanizado 2.5 tn	\$959,00	6	\$159,83	\$13,32
TOTAL GASTOS FIJOS				\$300,25

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 10*Otros gastos previstos*

OTROS	
Descripción	PRECIO
Mano de obra indirecta	\$450.00
Impuestos prediales	\$300.00
Seguros	\$200.00
TOTAL	\$950.00

*Nota. Elaboración Propia.***Tabla 11***Sumatoria de todos los gastos fijos que se generan mensualmente.*

RESUMEN COSTOS FIJOS	
COSTOS FIJOS 1: Servicios básicos	
TOTAL, COSTOS FIJOS 1	\$410
GASTOS FIJOS: Depreciación de equipos	
TOTAL, GASTOS FIJOS	\$300.25
OTROS	
TOTAL, OTROS	\$950.00
GASTOS FIJOS	\$1,660.25

*Nota. Elaboración Propia.***Tabla 12***Resumen de gastos de producción.*

RESUMEN	
Total, costo de producción	\$22.748,65
Costo total unitario	\$5,99
Porcentaje criterio	40%
Precio de venta unitario	\$8,38
Punto de equilibrio	1791

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 13*Análisis financiero considerando el VAN y TIR*

		1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Ventas Anuales		382.128,00	403.145,04	425.318,02	448.710,51	473.389,59
Costos Variables		-258.460,80	-258.460,80	-258.460,80	-258.460,80	-258.460,80
Costos Fijos		-14.522,97	-14.522,97	-14.522,97	-14.522,97	-14.522,97
Depreciación		-3.602,97	-3.602,97	-3.602,97	-3.602,97	-3.602,97
Utilidad		105.541,27	126.558,31	148.731,28	172.123,77	196.802,85
Tasa impuesto 25% IR		-26.385,32	-31.639,58	-37.182,82	-43.030,94	-49.200,71
Utilidad Después Impuesto		79.155,95	94.918,73	111.548,46	129.092,83	147.602,14
Depreciación		3.602,97	3.602,97	3.602,97	3.602,97	3.602,97
Flujo efectivo		82.758,92	98.521,70	115.151,43	132.695,80	151.205,11
Inversión						
Varios	-71.000,00					
Activos	-38.591,42					
(Equipos e Inmuebles)						
Capital de Trabajo	-30.000,00					
Valor de desecho						
Flujo Neto	-139.591,42	82.758,92	98.521,70	115.151,43	132.695,80	151.205,11
VAN	\$348.241					
TIR	66%					

Nota. Elaboración Propia.

Se determinó la factibilidad de la planta procesadora del licor de cacao. Actualmente el licor de cacao procesado de forma industrial tiene un costo aproximado de \$5.00 por kilogramo de licor de cacao, pero estos poseen una menor cantidad de compuestos fenólicos debido al tostado brusco a altas temperaturas y por tiempos largos, causando el deterioro de estos compuestos. Esto en concordancia con (Stanley et al., 2018) quienes indican que si los granos de cacao son sometidos a altas temperaturas (150-170 °C), esto causa el deterioro de los compuestos fenólicos presentes en el grano.

Mientras que el precio en el mercado del licor de cacao orgánico ronda valores de \$9.30 a \$9.70/kg según la empresa Awari, mientras que valores de \$11/kg según la empresa Hacienda El Castillo, en el presente proyecto se ha estimado un precio de venta de \$8,38/kg, considerando un 40% de ganancia, lo que permitiría obtener una utilidad mensual de aproximadamente \$105.541,27, considerando un punto de equilibrio de 1791 barras de 1.0 kg. Se estimo que se requiere \$139.591,42 para la implementación de la planta de producción, en

donde se realizó el análisis financiero que permite obtener una utilidad creciendo a partir del primer año. Se obtuvo un VAN de \$348.241,00 y un TIR del 66%, el cual nos indica la factibilidad del proyecto.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones.

4.1 Conclusiones

Existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido total de polifenoles entre los métodos de extracción E1 (baño supersónico) y E2 (solvente) para los granos de cacao, evidenciando la influencia que tiene la presencia de grasa en el proceso de extracción de polifenoles, en donde se debe priorizar el proceso de desengrasado de la muestra previo a la extracción de estos compuestos bioactivos.

No se encontró diferencias significativas en el contenido total de polifenoles extraídos mediante el método E2 en los diferentes tratamientos de tostado y los licores de cacao, a pesar de variaciones notables en los valores del contenido de polifenoles. Los programas de tostado C y F (temperatura más baja) mostraron una mayor conservación de polifenoles en los granos de cacao (25% al 27% de pérdida), mientras que, con temperaturas altas y medias la disminución del contenido de polifenoles estuvo entre el 40% y 60%, evidenciando que la elección del programa de tostado puede influir en la conservación de polifenoles en los granos de cacao.

El programa de tostado E, con una temperatura de 125°C durante 35 minutos, se identificó como el tratamiento más adecuado para conservar la máxima cantidad de polifenoles en licor de cacao, mientras se mantiene su calidad sensorial, alcanzando un valor de polifenoles de 70,64 mg GAE/g y una valoración de $7,32 \pm 0,75$ en calidad global. Además, exhibe valores inferiores a la media en acidez, astringencia y amargor, contribuyendo así a la obtención de un licor de cacao con características sensoriales destacadas y beneficios para la salud.

Al analizar detalladamente la viabilidad económica de la implementación de la planta procesadora de licor de cacao se concluye que es un proyecto económicamente viable y promete una rentabilidad sostenible, la utilidad anual estimada de aproximadamente \$82.758,92 en el primer año y el punto de equilibrio de 1791 unidades de 1 kg indican que el proyecto no solo es operativamente eficiente sino también rentable, debido a que en el análisis financiero se obtuvo un VAN de \$348.241,00 y un TIR del 66%. Al comparar los costos de producción con el precio de venta propuesto (\$8.38 con una ganancia del 40%), se destaca la competitividad del producto en el mercado.

4.2 Recomendaciones

Se sugiere la ampliación del panel de degustación mediante el reclutamiento de un mayor número de panelistas entrenados. Esta medida permitirá obtener evaluaciones más representativas y homogéneas de los atributos del licor de cacao, mejorando la calidad de la evaluación sensorial y brindando resultados más confiables.

Optar por programas de tostado en el rango de 135 a 125°C durante 35 minutos para optimizar la calidad del producto final. Este enfoque asegura la conservación óptima de polifenoles y características sensoriales deseables, contribuyendo a la excelencia del licor de cacao.

Dada la influencia de la variedad de cacao en el contenido de polifenoles, se aconseja trabajar con materia prima de variedades conocidas. Esta medida no solo mejorará la trazabilidad del producto final, sino que también permitirá ajustar procesos según las características específicas de la variedad, contribuyendo a la consistencia en la calidad.

Dado que la muestra D tiene el grado de tostado más alto, podría ser interesante investigar cómo este nivel de tostado afecta otros atributos sensoriales, como el sabor y la

calidad global. Se podría considerar ajustar las condiciones de tostado según los objetivos de sabor deseados en el producto final.

Referencias

- Abad, A., Acuña, C. & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. Estudios de la Gestión. *Revista Internacional de Administración*, 7, 59–83.
- Abhay S M, Hii C L, Law C L, Suzannah S, & Djaeni, M. (2016). Effect of hot-air drying temperature on the polyphenol content and the sensory properties of cocoa beans. *International Food Research Journal*, 23(4), 1479–1484.
- Agell, O. (n.d.). LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DEL CHOCOLATE. Retrieved February 1, 2024, from <https://canacacao.org/wp-content/uploads/La-seguridad-alimentario-del-chocolate.pdf>
- Alegría Vargas, E. A. (2015). Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao (*Theobroma cacao*) [Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9130>
- Cajas, I. (2020). Análisis sobre el proceso de producción de cacao en las 8 fincas de mayor rendimiento en el cantón Balao, provincia del Guayas. Universidad Tecnológica Ecuatoriana.
- Castro-Zavala, A., Melgar-Locatelli, S., Mañas-Padilla, M. del C., Rodríguez-Pérez, C., & Castilla-Ortega, M. E. (2023). Effects of cocoa-derived polyphenols treatment in regulating the adverse impacts of early-life stress in male and female mice. *Revista de Derecho Politico*, 117, 153–196. <https://doi.org/10.13039/501100011033>
- Chacón Ortiz, C. Y., Mori Culqui, P. L., & Chavez Quintana, S. G. (2021). Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao*

- L.) crudo. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 266–273.
<https://doi.org/10.18271/RIA.2021.331>
- Cocom, B. (2021). Estudio del Proceso de Fermentación de los Granos de Cacao (Theobroma cacao) en México. Universidad de Almería.
- Cristian, N. & Casanova, M. (2023). Nota Técnica: Buenas Prácticas en la Comercialización de Cacao (BPCC) - Anecacao [Internet document]. ANECACAOURL
<https://anecacao.com/nota-tecnica-buenas-practicas-en-la-comercializacion-de-cacao-bpcc/>. Accessed.
- Di Mattia, C. D., Sacchetti, G., Mastrocola, D., & Serafini, M. (2017). From cocoa to chocolate: The impact of processing on in vitro antioxidant activity and the effects of chocolate on antioxidant markers in vivo. *Frontiers in Immunology*, 8(SEP), 288813.
<https://doi.org/10.3389/FIMMU.2017.01207/BIBTEX>
- Durán, G. del M. de. (2021). 098-2021 Resolucion Administrativa Facilitacion de Tramite N.- GADMCD-2021-CI-098-R Venta de excedente Sr. Washinton Suntaxi.pdf
- Febrianto, N. A., & Zhu, F. (2022). Comparison of bioactive components and flavor volatiles of diverse cocoa genotypes of Theobroma grandiflorum, Theobroma bicolor, Theobroma subincanum and Theobroma cacao. *Food Research International*, 161.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111764>
- FAO, FIDA, OPS, WFP & UNICEF. (2020). Panorama de la seguridad alimentaria y nutrición en América Latina y el Caribe 2020. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2020. Santiago de Chile.

Financiamiento. (2020, April 14). *El chocolate ya es uno de los alimentos más consumidos durante el confinamiento* - Financiamiento. Consumos. <https://financiamiento.es/el-chocolate-ya-es-uno-de-los-alimentos-mas-consumidos-durante-el-confinamiento/>

Financiamiento Nacional, C. B. (2023). Ficha Sectorial.

Fowler, M. S., & Coutel, F. (2017). Cocoa beans: from tree to factory. In S. T. Beckett, M. S. Fowler, & G. R. Ziegler (Eds.), *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use* (pp. 9–49). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118923597.CH2>

González-Garrido, J. A., García-Sánchez, J. R., López-Victorio, C. J., Escobar-Ramírez, A., & Olivares-Corichi, I. M. (2022). Cocoa: a functional food that decreases insulin resistance and oxidative damage in young adults with class II obesity. *Nutrition Research and Practice*, 17(2), 228–240. <https://doi.org/10.4162/NRP.2023.17.2.228>

Hii, C. L., Law, C. L., Suzannah, S., & Cloke, M. (2009). Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2, 702–722. https://www.researchgate.net/publication/284800915_Polyphenols_in_cocoa_Theobroma_cacao_L

Ioannone, F., Di Mattia, C. D., De Gregorio, M., Sergi, M., Serafini, M., & Sacchetti, G. (2015). Flavanols, proanthocyanidins and antioxidant activity changes during cocoa (*Theobroma cacao* L.) roasting as affected by temperature and time of processing. *Food Chemistry*, 174, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.019>

La Mantia, A., Ianni, F., Schoubben, A., Cespi, M., Lisjak, K., Guarnaccia, D., Sardella, R., & Blasi, P. (2023). Effect of Cocoa Roasting on Chocolate Polyphenols Evolution. *Antioxidants* 2023, Vol. 12, Page 469, 12(2), 469. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX12020469>

- Lemarcq, V., Sioriki, E., van de Walle, D., & Dewettinck, K. (2022). Influence of convection and microwave roasting on roasting degree, microstructure and aroma profile of cocoa beans. *European Food Research and Technology*, 248(9), 2383–2392.
<https://doi.org/10.1007/s00217-022-04054-3>
- Li, J., Chen, J., Wang, Q., Gál, R., Halmosi, R., Gallyas, F., Tschida, M., Mutirangura, P., Tóth, K., Alexy, T., & Czopf, L. (2023). Resveratrol and beyond: The Effect of Natural Polyphenols on the Cardiovascular System: A Narrative Review. *Biomedicines*, 11(11), 2888. <https://doi.org/10.3390/BIOMEDICINES11112888>
- Lignou, S., Lebesi, D. 2016. Handbook of Food Processing: Food Safety, Quality and Manufacturing process.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118.
<https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Martini, S., Conte, A., & Tagliazucchi, D. (2018). Comprehensive evaluation of phenolic profile in dark chocolate and dark chocolate enriched with Sakura green tea leaves or turmeric powder. *Food Research International*, 112, 1–16.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.06.020>
- McClure, A. P., Hopfer, H., & Grün, I. U. (2022). Optimizing consumer acceptability of 100% chocolate through roasting treatments and effects on bitterness and other important sensory characteristics. *Current Research in Food Science*, 5, 167–174.
<https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2022.01.005>

- Mejia, H.A., Jimena Wilches, M.A., Galofre, M. V & Montenegro, Y. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. *Scientia et Technica*, 3, 63–68.
- Misnawi, A., Jinap, S., Jamilah, B., & Nazamid, S. (2004). Sensory properties of cocoa liquor as affected by polyphenol concentration and duration of roasting. *Food Quality and Preference*, 15(5), 403–409. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00097-1)
- Moreno-Martínez, E., Gavanzo-Cárdenas, O. M., & Rangel-Silva, F. A. (2019). Evaluación de las características físicas y sensoriales de licor de cacao asociadas a modelos de siembra. *Ciencia y Agricultura*, 16(3), 75-90.
<https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9890>.
- Mounjouenpou, P., Belibi, D., Andoseh, B. K., Okouda, A., Mouanfou, K., Ehabe, E. E., & Ndjouenkeu, R. (2018). Temperature/duration couples variation of cocoa beans roasting on the quantity and quality properties of extracted cocoa butter. *Annals of Agricultural Sciences*, 63(1), 19–24. <https://doi.org/10.1016/J.AOAS.2018.04.001>
- Muentes, C. & Gallo, M. (2022). Boletín Informativo: Informe Técnico de Exportación de Cacao. Agencia de Regulacion y Control Fito y Zoosanitario, 1–9.
- Oracz, J., & Nebesny, E. (2019). Effect of roasting parameters on the physicochemical characteristics of high-molecular-weight Maillard reaction products isolated from cocoa beans of different Theobroma cacao L. groups. *European Food Research and Technology*, 245(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/S00217-018-3144-Y/FIGURES/6>
- Piza Luciana. (2014). *Guía para la evaluación sensorial del licor de Cacao*. 37–95.
<https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2014/04/14892-INFOTECH.pdf>
- Primicias, R. (2023). Censo Ecuador. *Durán tuvo una ‘explosión demográfica’, pero retrocedió en servicios básicos, según el Censo*, págs. 4-6. Fecha de consulta:

18/01/2024. URL: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/censo-ecuador/duran-poblacion-servicios-basicos-censo/>

Primicias, R. (2023). Economía. *Salario Básico Unificado en Ecuador será de USD 460 en 2024*, págs. 1-2. Fecha de consulta: 18/01/2024. URL:

<https://www.primicias.ec/noticias/economia/salario-basico-aumento-gobierno-noboa/>

Quintana, L., Gomez, S. 2011. Perfil del sabor del clon CCN51 de cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en tres fincas del municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones e Investigación ISSN*, Volumen (5), 4558.

Quelal, O. M., Hurtado, D. P., Benavides, A. A., Alanes, P. V., & Alanes, N. V. (2023). Key Aromatic Volatile Compounds from Roasted Cocoa Beans, Cocoa Liquor, and Chocolate. *Fermentation*, 9(2), 166. <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION9020166>

Ramli, N., Hassan, O., Said, M., Samsudin, W., & Idris, N. A. (2006). Influence of roasting conditions on volatile flavor of roasted malaysian cocoa beans. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30(3), 280–298. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4549.2006.00065.X>

Reed, S. (2010). Sensory Analysis of Chocolate Liquor. *The Manufacturing Confectioner*, 43-52. Fecha de consulta: 30/01/2024, URL: https://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/reed2010.pdf

Revista Mundo Fesc. (2013). EL CACAO: AYER, HOY Y SIEMPRE EN EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL DEL MUNDO, NORTE DE SANTANDER Y CÚCUTA.

Rocha, I. S., De Santana, L. R. R., Soares, S. E., & Bispo, E. da S. (2017). Effect of the roasting temperature and time of cocoa beans on the sensory characteristics and

acceptability of chocolate. *Food Science and Technology*, 37(4), 522–530.

<https://doi.org/10.1590/1678-457X.16416>

Rojas, M., Hommes, A., Heeres, H. J., & Chejne, F. (2022). Physicochemical Phenomena in the Roasting of Cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Food Engineering Reviews* 2021 14:3, 14(3), 509–533. <https://doi.org/10.1007/S12393-021-09301-Z>

Rusconi, M. & Conti, A. (2010). *Theobroma cacao* L., the Food of the Gods: a scientific approach beyond myths and claims. *Pharmacological research*, 61, 5–13.

Sabahannur, S., Alimuddin, S. & Rahmawati, -. (2018). Changes in Phenol Level and Antioxidant Activity of Cocoa Beans During Fermentation and Roasting. *Journal of Food Research*, 7, 23.

Schinella, G., Mosca, S., Cienfuegos-Jovellanos, E., Ángeles Pasamar, M., Muguerza, B., Ramón, D., & Ríos, J. L. (n.d.). *Antioxidant properties of polyphenol-rich cocoa products industrially processed*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.032>

Stanley, T. H., Van Buiten, C. B., Baker, S. A., Elias, R. J., Anantheswaran, R. C., & Lambert, J. D. (2018). Impact of roasting on the flavan-3-ol composition, sensory-related chemistry, and in vitro pancreatic lipase inhibitory activity of cocoa beans. *Food chemistry*, 255, 414–420. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.036>

Urbańska, B., Derewiaka, D., Lenart, A., & Kowalska, J. (2019). Changes in the composition and content of polyphenols in chocolate resulting from pre-treatment method of cocoa beans and technological process. *European Food Research and Technology*, 245(10), 2101–2112. <https://doi.org/10.1007/S00217-019-03333-W/METRICS>

Urbańska, B., & Kowalska, J. (2019). Comparison of the Total Polyphenol Content and Antioxidant Activity of Chocolate Obtained from Roasted and Unroasted Cocoa Beans

from Different Regions of the World. *Antioxidants*, 8(8).

<https://doi.org/10.3390/ANTIOX8080283>

Vallejo-Zamudio, E., Rojas-Velázquez, A. & Torres-Bugarín, O. (2017). Una poderosa herramienta en la medicina preventiva del cáncer: los antioxidantes. *El Residente*, 12, 104–111.

Wollgast, J. & Anklam, E. (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33, 423–447.

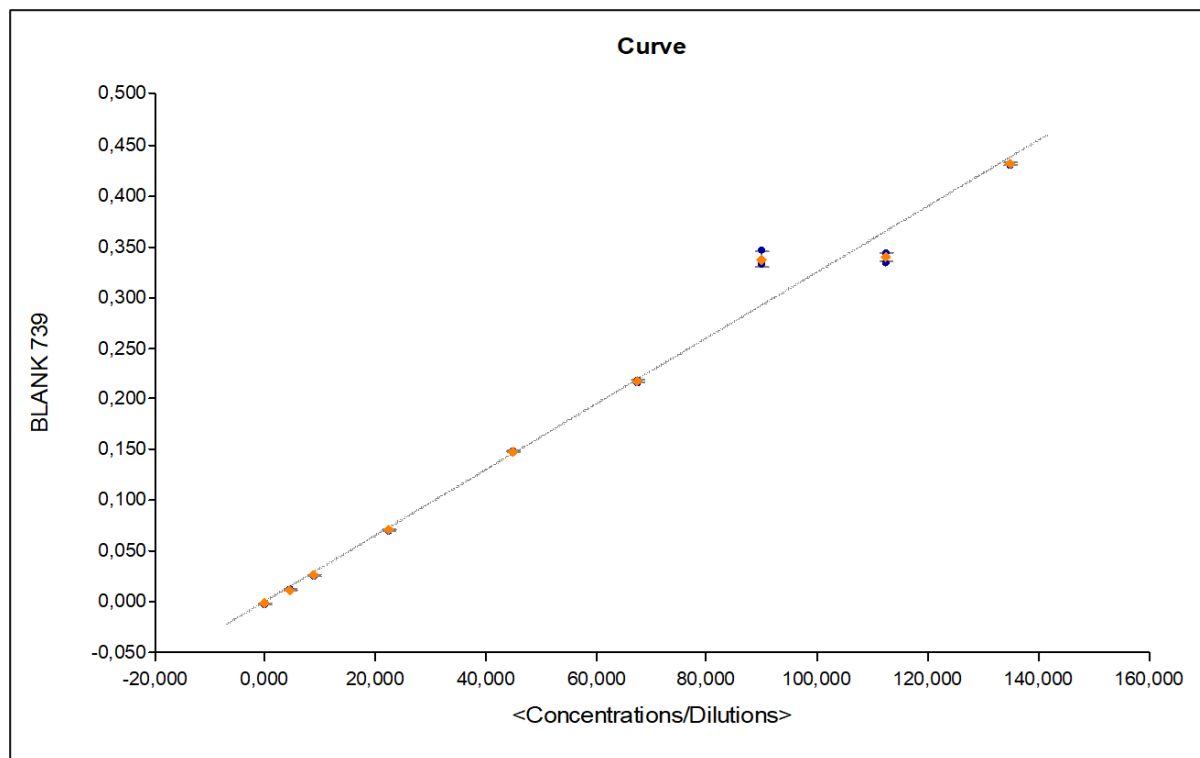
Zapata, S., Tamayo, A., & Alberto, B. (2015). Efecto del Tostado Sobre los Metabolitos Secundarios y la Actividad Antioxidante de Clones de Cacao Colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7497–7507.

<https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47836>.

Żyżelewicz, D., Budryn, G., Oracz, J., Antolak, H., Kręgiel, D., & Kaczmarska, M. (2018). The effect on bioactive components and characteristics of chocolate by functionalization with raw cocoa beans. *Food Research International*, 113, 234–244.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.07.017>

Apéndice A

Curva de calibración de reactivo Folin-C



Apéndice B

Formulario de evaluación sensorial de Cacao de Excelencia

[illegible]

Apéndice C

ANOVA de un factor sin replicación entre los dos métodos de extracción de polifenoles en nibs de cacao tostado E1 y E2.

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
E1	6	473,6458	78,94097	216,1368
E2	6	348,6626	58,11043	166,1932

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para-F
Entre grupos	1301,735	1	1301,735	6,809485	0,026063194	4,964602744
Dentro de los grupos	1911,65	10	191,165			
Total	3213,385	11				

Apéndice D

ANOVA de los resultados de los tratamientos de tostado del método de extracción 2 (E2).

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	78,94	5,64	13,99	0,005	
T					
25	-8,25	5,64	-1,46	0,281	1,00
TEMP					
115	9,03	7,98	1,13	0,375	1,33
125	-1,13	7,98	-0,14	0,901	1,33

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	1	408,0	408,0	2,13	0,281
TEMP	2	290,3	145,2	0,76	0,568
Error	2	382,3	191,2		
Total	5	1080,7			

Apéndice E

ANOVA de dos factores sin replicación entre los tratamientos de tostado (E2) y el licor de cacao (LC).

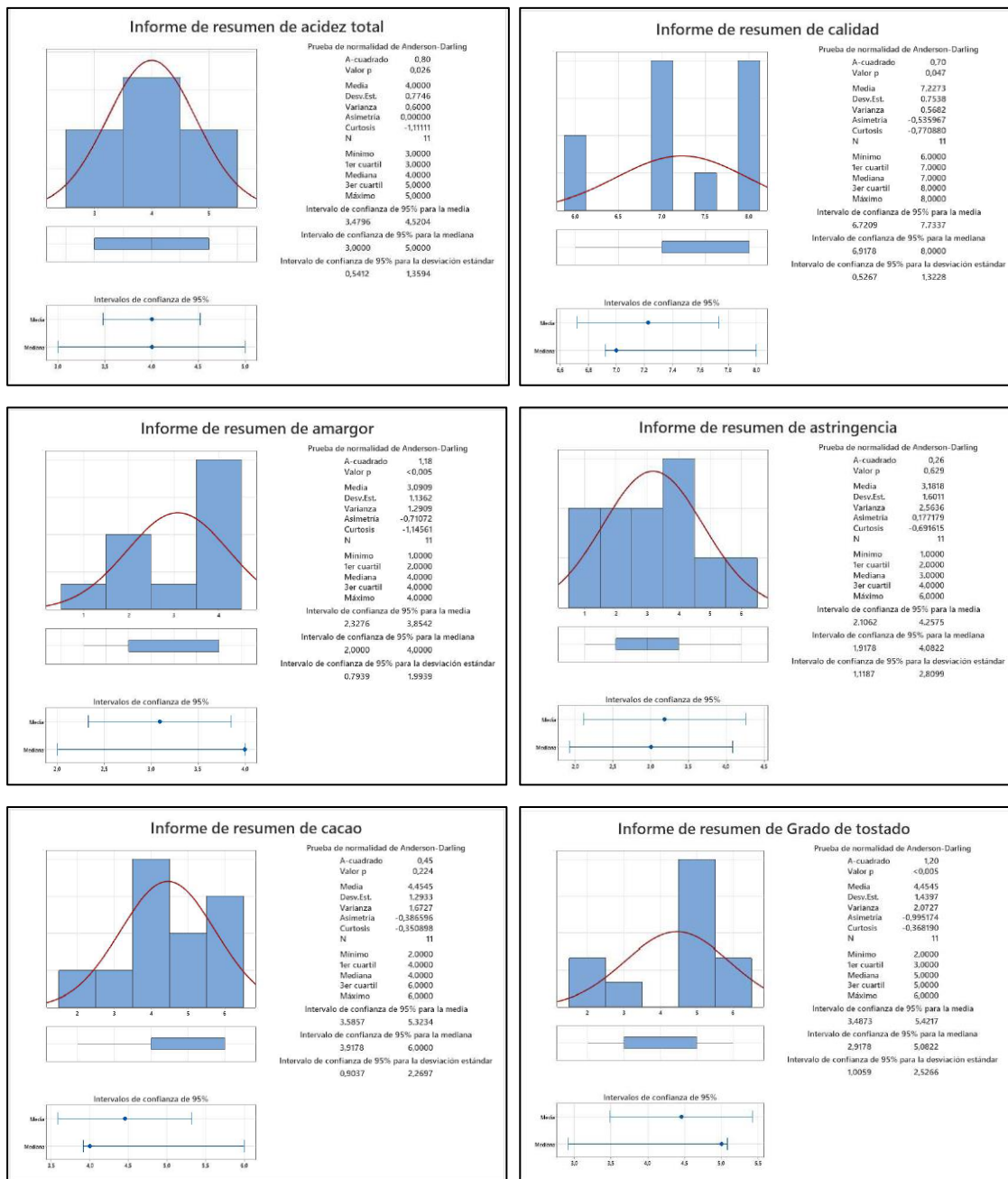
<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
A	2	115,61	57,805	19,03445
B	2	130,58	65,29	23,2562
C	2	145,87	72,935	1269,576
D	2	140,42	70,21	20,2248
E	2	148,45	74,225	25,70445
F	2	135,79	67,895	1441,308
E2 (mg GAE/g)	6	473,66	78,94333	216,1271
LC (mg GAE/g)	6	343,06	57,17667	131,1252

ANOVA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para-F</i>
Rows	358,521	5	71,7042	0,260224	0,917067	5,050329
Columns	1421,363	1	1421,363	5,158312	0,072331	6,607891
Error	1377,741	5	275,5481			
Total	3157,625	11				

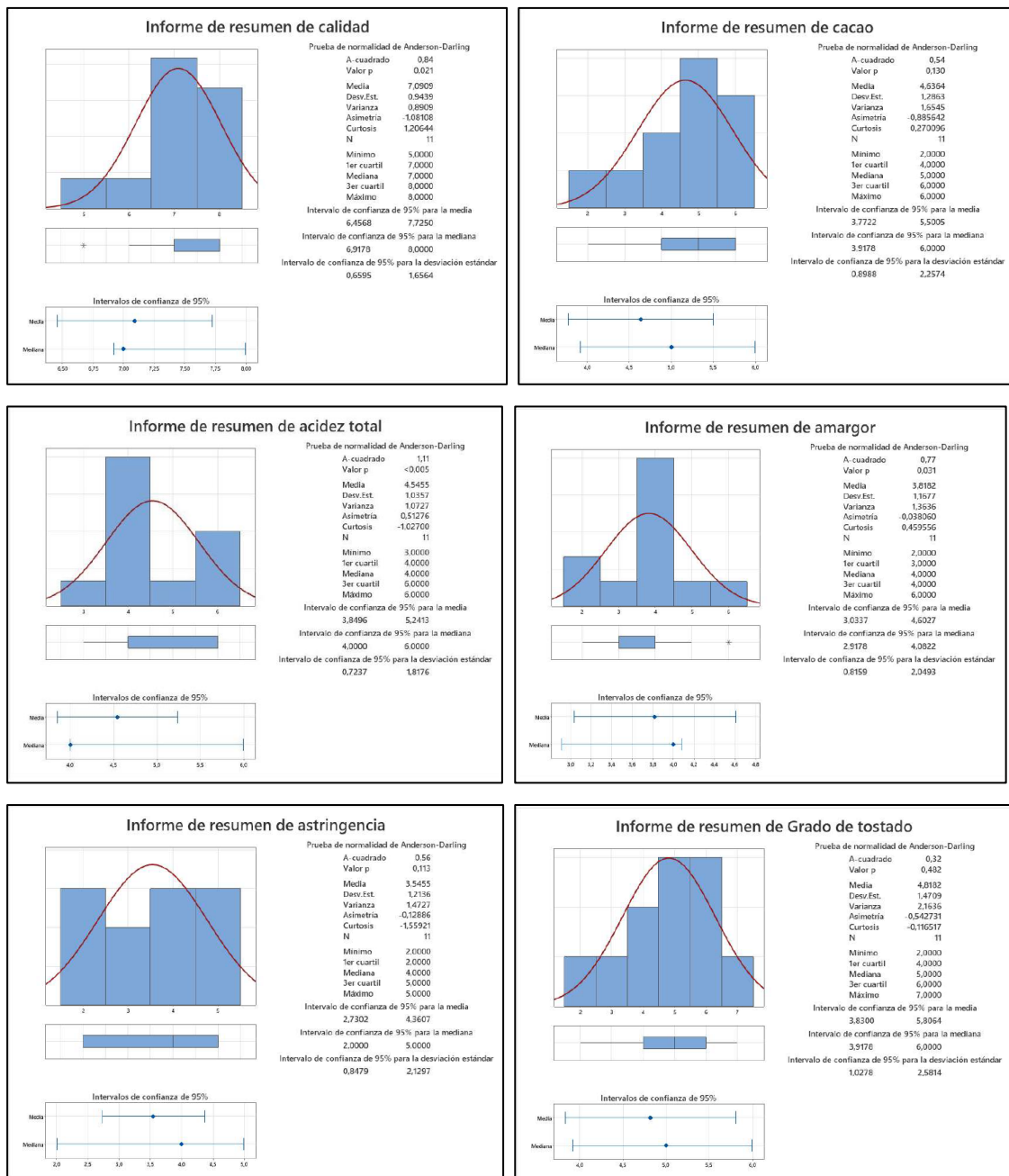
Apéndice F

Graficas de resultados de atributos del tratamiento A



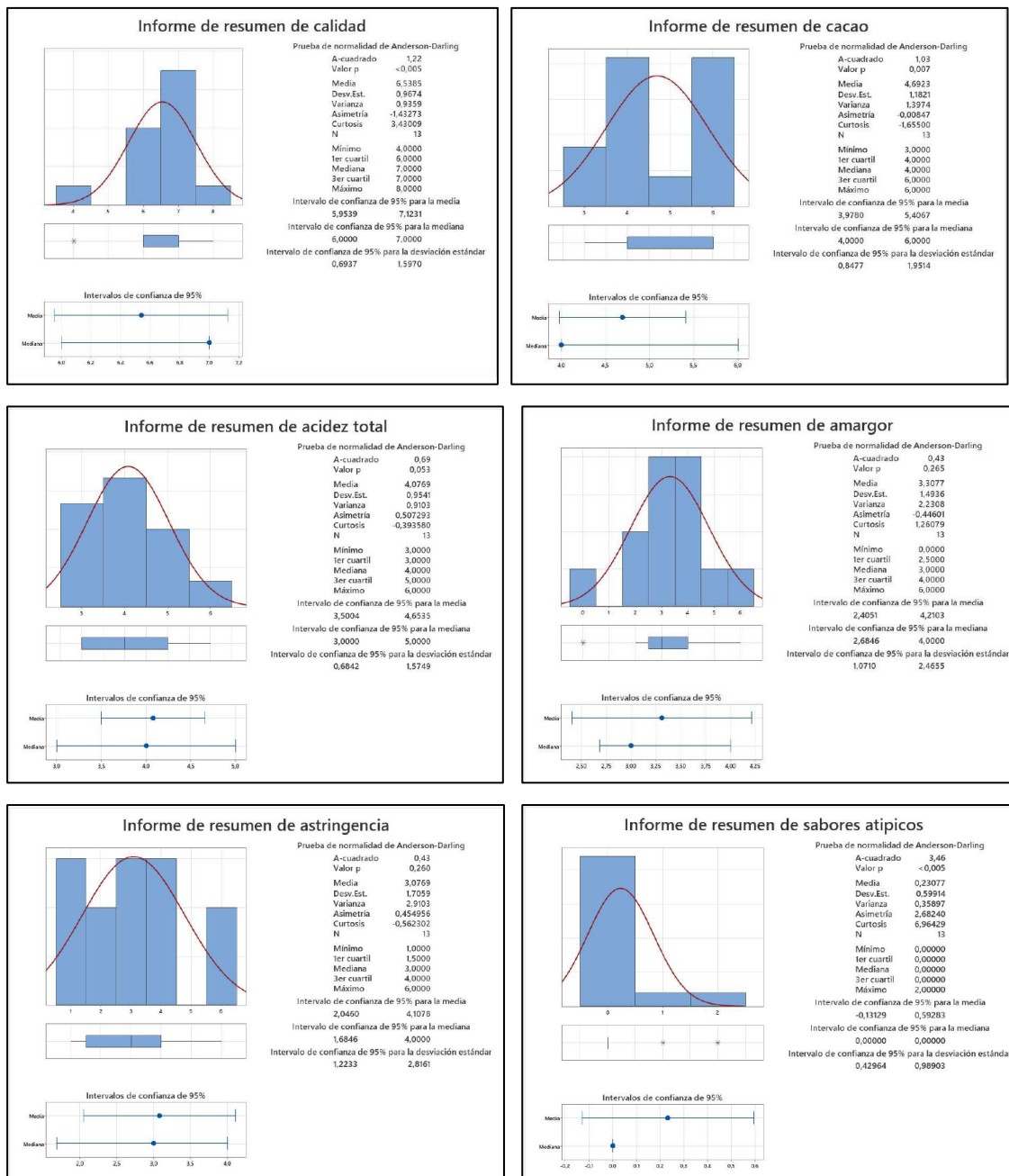
Apéndice G

Graficas de resultados de atributos del tratamiento B



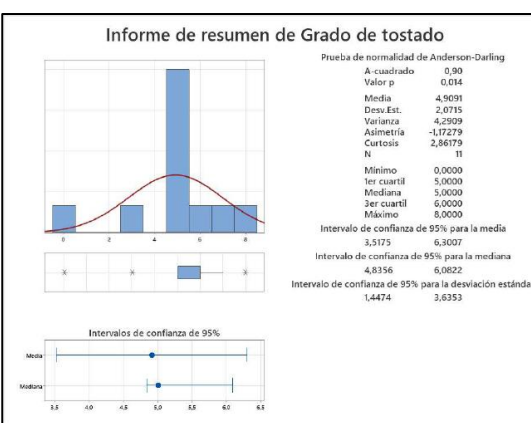
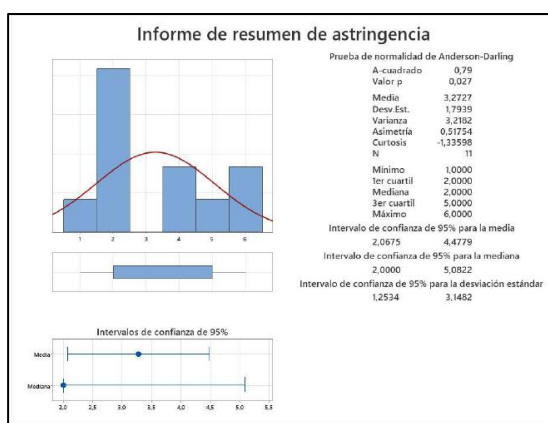
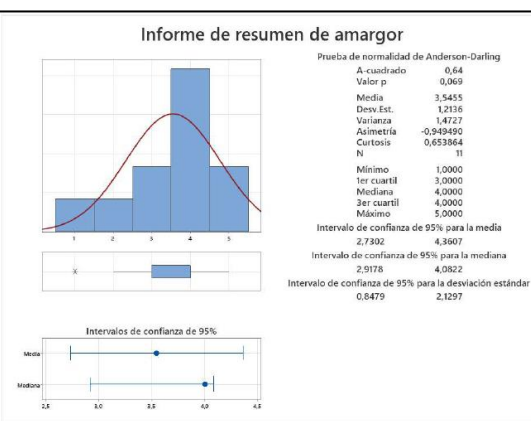
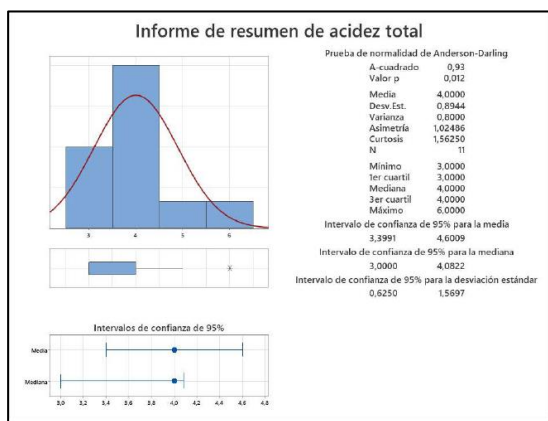
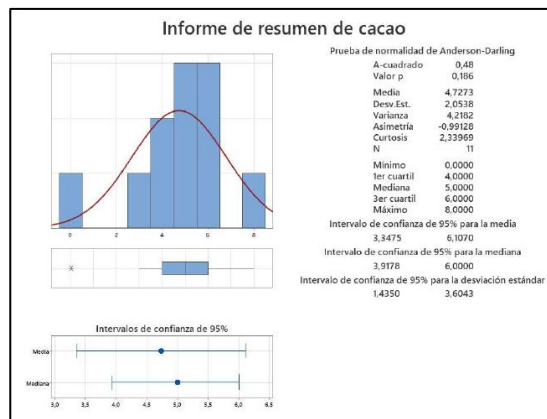
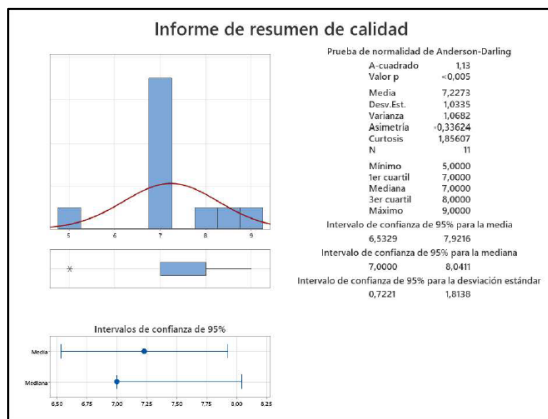
Apéndice H

Graficas de resultados de atributos del tratamiento C



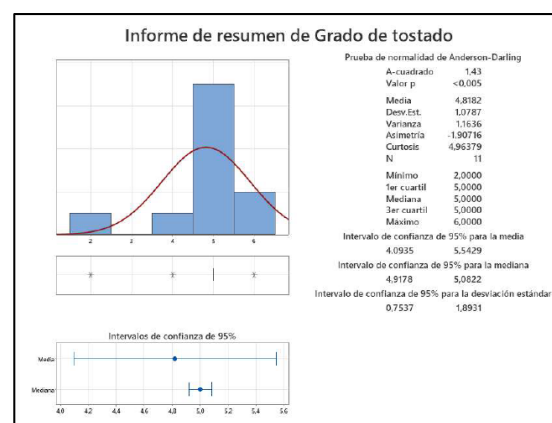
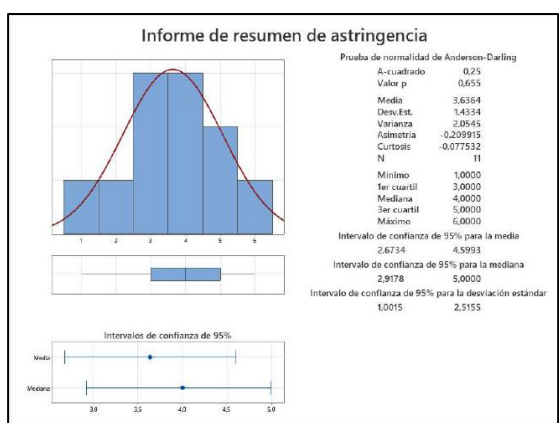
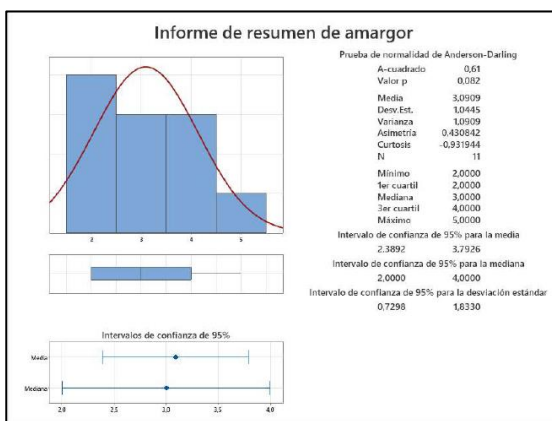
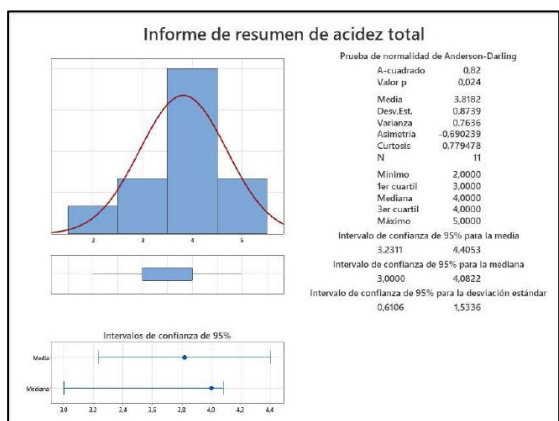
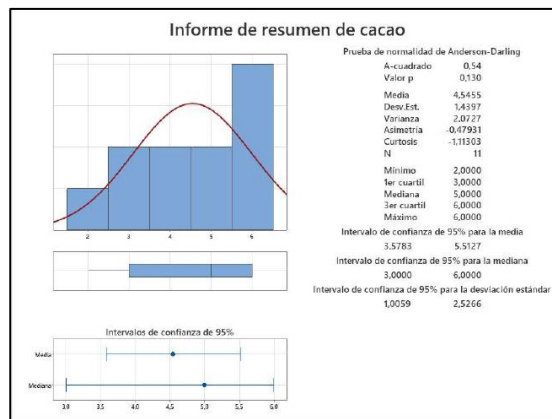
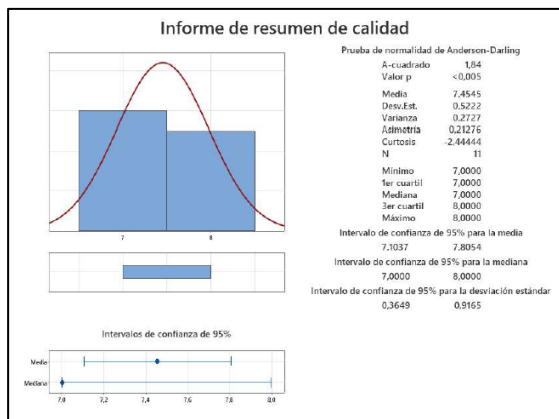
Apéndice I

Gráficas de resultados de atributos del tratamiento D



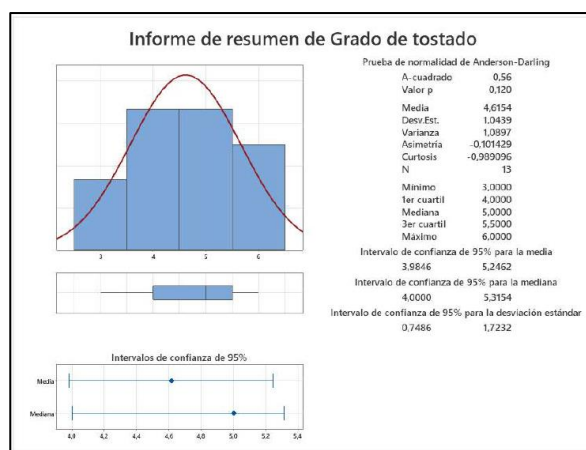
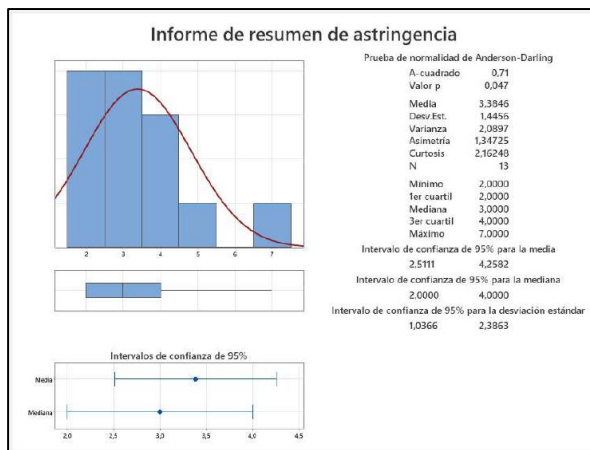
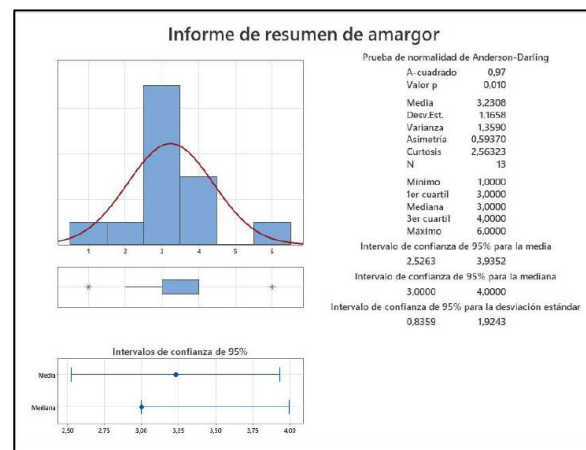
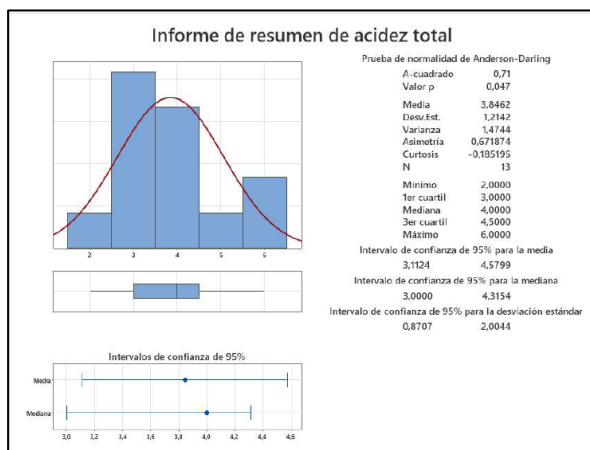
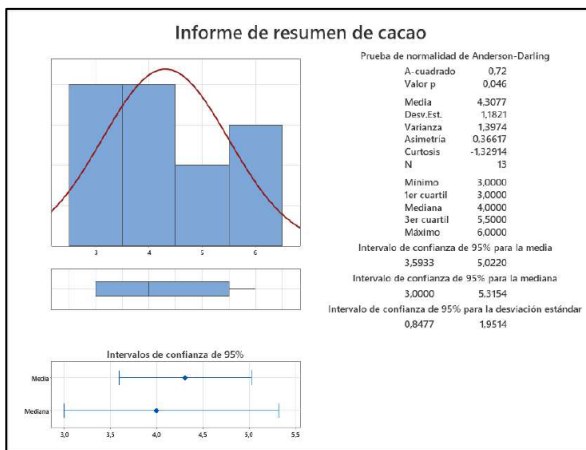
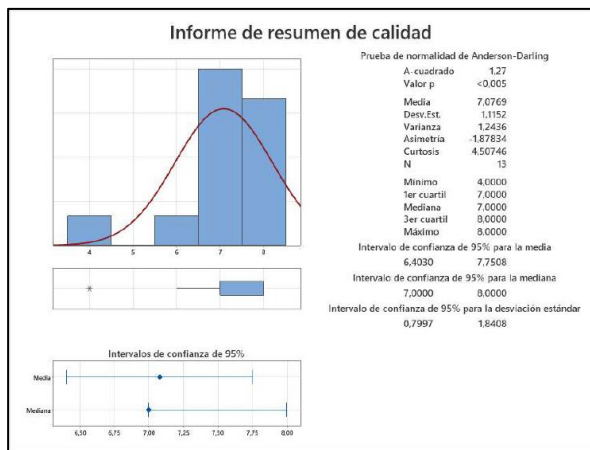
Apéndice J

Graficas de resultados de atributos del tratamiento E



Apéndice K

Graficas de resultados de atributos del tratamiento F



Apéndice L

ANOVA de dos factores sin replicación entre los tratamientos de tostado (factor 1) y los atributos descriptivos generales del licor de cacao (LC) (factor 1)

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
A	6	27,3636364	4,56060606	2,40137741
B	6	28,4545455	4,74242424	1,57162534
C	6	26,7272727	4,45454545	2,4661157
D	6	28,1363636	4,68939394	2,10447658
E	6	27,2272727	4,53787879	2,25984848
F	6	27,5454545	4,59090909	1,46033058
Calidad	6	43,3636364	7,22727273	0,05950413
Cacao	6	28,0909091	4,68181818	0,07520661
Acidez	6	24,1818182	4,03030303	0,07493113
Amargor	6	20,8181818	3,46969697	0,07741047
astringencia	6	20,3636364	3,39393939	0,03195592
Grado de tostado	6	28,6363636	4,77272727	0,01570248

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,32897153	5	0,06579431	1,22332252	0,3275267	2,6029874
Columns	59,9742883	5	11,9948577	223,022025	6,8029E-20	2,6029874
Error	1,34458219	25	0,05378329			
Total	61,6478421	35				

Apéndice M

ANOVA de dos factores sin replicación entre los atributos descriptivos totales del licor de cacao (LC) (factor 1) y los tratamientos de tostado (factor 2)

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Calidad	6	43,36364	7,227273	0,059504132
Cacao	6	28,09091	4,681818	0,075206612
Acidez	6	24,18182	4,030303	0,074931129
acidez-frutal	6	14,63636	2,439394	0,176584022
acidez-acetica	6	5,090909	0,848485	0,078236915
acidez-lactica	6	1,636364	0,272727	0,099173554
acidez- butirica	6	3	0,5	0,068595041
Amargor	6	20,81818	3,469697	0,077410468
astringencia	6	20,36364	3,393939	0,031955923
Frital Total	6	16,36364	2,727273	0,383471074
fruta bayas	6	3,363636	0,560606	0,064187328
fruta citricos	6	5	0,833333	0,074104683
fruta oscura	6	2,545455	0,424242	0,078236915
fruta Pulpa amarilla anaranjada blanca	6	4,090909	0,681818	0,217355372
Fruta Tropical	6	1,636364	0,272727	0,036363636
Fruta Marron	6	7,909091	1,318182	0,17107438
fruta seca	6	1	0,166667	0,044352617
fruta marron	6	6,272727	1,045455	0,29338843
fruta sobremadura	6	0,636364	0,106061	0,027823691
vegetal total	6	8,909091	1,484848	0,051790634
vegetal-pasto/ verde/hierba	6	6,363636	1,060606	0,0815427
vegetal terroso/ hongo/ musgo/bosque	6	2,545455	0,424242	0,025344353
floral total	6	3,363636	0,560606	0,027823691
floral-flores de azahar	6	0,409091	0,068182	0,013016529
floral-flores	6	2,954545	0,492424	0,048278237
Madera total	6	10,36364	1,727273	0,132231405
Madera clara	6	6,181818	1,030303	0,107988981
madera oscura	6	3	0,5	0,144628099
madera resina	6	1,181818	0,19697	0,034435262
especia total	6	6,818182	1,136364	0,098347107
especia especias	6	4,909091	0,818182	0,072727273
especia tabaco	6	1,818182	0,30303	0,061707989
especia- sazonado/ umani	6	0,090909	0,015152	0,00137741
Nuez total	6	11	1,833333	0,153443526

Nuez Parte interna	6	4,454545	0,742424	0,156749311
nuez Piel de la nuez	6	6,545455	1,090909	0,095867769
Grado de tostado	6	28,63636	4,772727	0,015702479
A	37	54,63636	1,476658	2,796214603
B	37	53,18182	1,437346	2,701027474
C	37	52,27273	1,412776	2,727545728
D	37	54,5	1,472973	2,721471471
E	37	53,40909	1,443489	2,740749013
F	37	51,54545	1,39312	2,56476311

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	567,9883	36	15,77745	166,3169487	1E-119	1,482842
Columns	0,199315	5	0,039863	0,420213154	0,834259	2,26431
Error	17,07548	180	0,094864			
Total	585,2631	221				

Apéndice N

Análisis de Varianza para el atributo de Amargor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
			3.09090909	1.09090909
Columna 1	11	34	1	1
			3.81818181	1.36363636
Columna 2	11	42	8	4
			3.27272727	1.61818181
Columna 3	11	36	3	8
			3.54545454	1.47272727
Columna 4	11	39	5	3
			3.36363636	0.85454545
Columna 5	11	37	4	5
			3.72727272	1.21818181
Columna 6	11	41	7	8

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
	4.25757575		0.85151515	0.67064439		2.36827023
Entre grupos	8	5	2	1	0.6472192	6
	76.1818181					
Dentro de los grupos	8	60	1.26969697			
	80.4393939					
Total	4	65				

Análisis de varianza para el atributo Astringencia.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	11	40	3.63636363	2.05454545
Columna 2	11	39	3.54545454	1.47272727
Columna 3	11	35	3.18181818	2.16363636
Columna 4	11	36	3.27272727	3.21818181
Columna 5	11	36	3.27272727	2.61818181
Columna 6	11	38	3.45454545	2.47272727

ANÁLISIS DE
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1.757575758	5	0.351515152	0.15064	0.97908	2.36827023
Dentro de los grupos	140	60	2.333333333	9351	5715	6
Total	141.7575758	65				

Apéndice O

Determinación de cercanía de las áreas según su orden de prioridad.

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTO POR IMPORTANCIA				A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1
Orden	Nombre	TCR	Superficie m ²	
1.-	Recepcion	39	13,1934	A O U X X E X X X A X O I X U
2.-	Tosta-Descasca	35	12,0102	A O X X X X X I E X X X X X
3.-	Premolido-Refinad	33	9,1017	A O X U X X X E X I X X X X
4.-	Envasado	33	12,96	A O X X I X E X X X X X
5.-	Entria-Empacado	31	16,902	I X X X X E X X X X X
6.-	Almacenamiento	31	9	U X X X U X X U I
7.-	Despacho	31	21,672	O X X X U U O I
8.-	Lab. de calidad	31	9,196	X X X X X X
9.-	uarto de maquina	30	8,526	X X X X X
10.-	Garita	29	6,29	X X X X
11.-	Parqueadero	28	70	E O I
12.-	Comedor	25	12	O I
13.-	Baños y vestido	24	12	
14.-	A. descont_gris	24	3	
15.-	oficinas	24	30,9	
16.-				

Apéndice P

Tabla de necesidades de espacios para determinación de los diferentes espacios.

Actividad	Equipo	Capacidad	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Ss (ESTÁTICA)				Sg (GRAMIFICACION)		Se (EVOLUCION)		Total Ss+Sg+Se	Área total	
						Medidas	Volumen	Área	# Lados usados	Área m²	Coefficiente K	Área m²				
1	Recepción (Balanza)-pesado	balanza	300	0,6	0,4	0,9	0,6	0,4	0,9	0,216	0,24	0,72	0,15	0,144	1,104	
2	selección (mesa de trabajo)	mesa de trabajo	30	2,4	0,45	1,2	2,4	0,45	1,2	1,296	1,08	1,1	1,08	0,324	2,484	3,588
3	tostador (enfriador)	tostador	40-60	1,18	0,6	0,95	1,18	0,6	0,95	0,6726	0,708	2	1,416	0,3186	2,4426	
4	descascarillador	100	1,05	0,97	1,07	1,05	0,97	1,07	1,089795	1,0185	2	2,037	0,458325	3,513825		
5	pre-molino	50	0,64	0,43	0,41	0,64	0,43	0,41	0,112832	0,2732	1	0,2732	0,08256	0,63296	6,589385	
6	Pesado	300	0,78	0,55	0,82	0,78	0,55	0,82	0,35178	0,429	2	0,858	0,19305	1,48005		
7	refinador	balanza	300	0,6	0,4	0,9	0,6	0,4	0,9	0,216	0,24	3	0,72	0,15	1,92	2,88
8	refinador	refinador	45	0,915	0,43	1,775	0,915	0,43	1,775	0,69837375	0,39345	2	0,7889	0,15	1,170525	1,3574025
9	envasado(Mesa de trabajo)	envasado	60	2,4	0,45	1,2	2,4	0,45	1,2	1,296	1,08	2	2,16	0,15	0,486	3,726
10	envasado(Mesa de trabajo)	envasado	60	2,4	0,45	1,2	2,4	0,45	1,2	1,296	1,08	2	2,16	0,15	0,486	7,452
11	congelador(enfriador)	300	1,956	0,888	0,89	1,956	0,888	0,89	1,5456592	1,736928	1	1,736928	0,15	0,5210784	3,9949344	
12	Empaquetado(mesa de trabajo)	60	2,4	0,45	1,2	2,4	0,45	1,2	1,296	1,08	1	1,08	0,15	0,324	6,4789344	
13	Área de almacenamiento lab de calidad		3	3	3	3	3	3	3	27	9	0	0	0	9	9
14	comedor		3	3	3	3	3	3	3	36	12	0	0	0	12	12
15	baños y vestidores		4	3	3	4	3	3	3	36	12	0	0	0	12	12
16	cuarto de maquina		3	3	3	3	3	3	3	27	9	0	0	0	9	9
17	Área de descontaminación		2	1,5	2,5	2	1,5	2,5	2,5	7,5	3	0	0	0	3	3
18	Área de descontaminación		2	1,5	2,5	2	1,5	2,5	2,5	7,5	3	0	0	0	3	3
19	parquadero		10	12	0	10	12	0	10	120	0	0	0	0	120	120
20	Garita		2,5	2,5	3	2,5	2,5	3	3	18,75	5,1	0	0	0	6,25	6,25
21	Área de salud		3	1,7	3	3	1,7	3	3	15,3	5,1	0	0	0	5,1	5,1
22	Oficinas		6,13	5	6,13	5	5	0	0	30,65	30,65	0	0	0	30,65	30,65
23																
Total															5,6117184	250,183174